

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Universität Erlangen - Nürnberg
(Direktor: Professor Dr. A. Kröncke)

Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen über die Wandständigkeit von Wurzelfüllungen

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von
Helmut Hümmer
aus Edelbrunn

1983

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Universität Erlangen - Nürnberg
(Direktor: Professor Dr. A. Kröncke)

Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen über die Wandständigkeit von Wurzelfüllungen

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von
Helmut Hümmer
aus Edelbrunn

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg

Dekan: Prof. Dr. F. Wolf
Referent: Priv.-Doz. Dr. K. Ott
Korreferent: Prof. Dr. A. Kröncke

Tag der mündlichen Prüfung: 30.04.1984

Meiner Frau gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Einleitung und Problemstellung	1
2.	Literaturübersicht	2
2.1.	Wurzelkanal-Aufbereitung	2
2.2.	Wurzelkanal-Füllung	9
2.3.	Wurzelkanal-Füllmaterialien	11
2.4.	Kontrolle der Wurzelkanalbehandlung	23
3.	Eigene Untersuchungen	24
3.1.	Material	24
3.2.	Methode	27
3.3.	Auswerteverfahren	33
4.	Ergebnisse	35
	Methode A: Diaket ^R mit genormtem Guttaperchastift	36
	Methode B: Diaket ^R mit genormtem Silberstift	38
	Methode C: Diaket ^R und Guttaperchstifte nach der Lateralkondensationsmethode	39
	Methode D: Diaket ^R und nichtgenormter Guttapercha- stift	40
	Methode E: Diaket ^R ohne nachgeschobenen Stift	42
5.	Diskussion	49
5.1.	der Fehlermöglichkeiten	49
5.2.	der Ergebnisse	50
6.	Schlußfolgerung	54
7.	Zusammenfassung	56
8.	Anhang	57
8.1.	Tabellen	57
8.2.	Bilder	60
9.	Literaturverzeichnis	69
	Lebenslauf	

1. Einleitung und Problemstellung

Die Wurzelkanalbehandlung, die bereits weit vor der Jahrhundertwende in die Zahnheilkunde eingeführt wurde (BENNETT, 1847), nimmt heute einen hohen Stellenwert in der konservierenden Zahnheilkunde ein. Dabei wird versucht, einen Zahn, dessen Pulpa irreversibel geschädigt ist, funktionstüchtig zu erhalten.

Die Wurzelfüllung - als letzte Behandlungsmaßnahme - soll das mechanisch aufbereitete, möglichst glattwandige, chemisch desinfizierte und anschließend getrocknete Pulpenkavum eines Zahnes vollständig, d.h. wanddicht und blasenfrei bis zur aufbereiteten Länge verschließen. Dadurch soll erreicht werden, daß die beim Aufbereiten erlangte temporäre in eine permanente Keimfreiheit übergeht (45).

Bereits 1953 hat KRÖNCKE (56) von permanenten Wurzelfüllmaterialien gefordert:

- Leichte und sichere Einführbarkeit
- völliges wandständiges und festes Ausfüllen des Wurzelkanals
- keine Volumenänderung nach dem Füllen (eher eine leichte Expansion während des Erhärtens (45))
- Undurchlässigkeit des Materials für Flüssigkeiten
- bakterizide oder bakteriostatische Wirksamkeit
- Röntgensichtbarkeit
- möglichst geringen Fremdkörperreiz auf vitales Gewebe
- leichte Entfernbarkeit
- schließlich soll das Wurzelfüllmaterial die Zahnhartsubstanzen nicht verfärben.

Wegen der teilweise widersprüchlichen Forderungen wird verständlich, daß es kein Wurzelfüllmaterial geben kann, das gleichzeitig alle Kriterien erfüllt. Die dichte und vollständige Ausfüllung des aufbereiteten Pulpenkavums scheint für den Behandlungserfolg entscheidend zu sein. Deswegen ist es das Ziel der vorliegenden Arbeit, zu zeigen, welche Spaltbreiten - wenn überhaupt - zwischen mechanisch bearbeitetem Dentin und Wurzelfüllmaterial bestehen.



Hierzu wurden extrahierte, menschliche Zähne mit Handinstrumenten aufbereitet, mit verschiedenen Materialien und nach verschiedenen Techniken abgefüllt, röntgenologisch die Korrektheit überprüft und rasterelektronenmikroskopisch die Wandständigkeit der Wurzelfüllungen kontrolliert.

2. Literaturübersicht

Hinsichtlich der Methodik des Aufbereitens, der anzustrebenden Länge (32, 52), der Art des Wurzelfüllmaterials (45) und der Wurzelfülltechnik existieren umfangreiche Literaturangaben.

2.1. Wurzelkanalaufbereitung

Sorgfältiges Aufbereiten, gründliches Säubern und vollkommenes Trocknen des Wurzelkanals sind die wichtigsten Voraussetzungen für eine erfolgreiche Wurzelkanalfüllung (21, 22, 32, 46, 52, 53, 58, 68). Je exakter aufbereitet wird, desto wahrscheinlicher werden die von infizierten Wurzelkanälen ausgehenden Reizfaktoren entfernt (14, 15, 17, 19, 21, 40, 43, 57, 66, 84, 85, 89, 107, 111, 114, 115). Denn "wichtiger als das, was man in den Wurzelkanal hineinfüllt ist es, was man aus ihm herausholt" (60). Die Aufgabe der Instrumente besteht darin, den Kanal ausreichend zu erweitern und eine Form herzustellen, die günstig für eine perfekte Füllung mit hermetischem Abschluß des Apex ist (58, 102). Nur wenn der Kanal optimal aufbereitet wird, lassen sich Nischen und Buchten der Wurzelkanäle eibebnen, in die Wurzelkanalfüllmaterialien nicht oder nur schwer eingebracht werden können. So soll - je nach Querschnittsform des Pulpenkavums - der Wurzelkanal mindestens über vier bis sechs Räumergößen nach erstem strammen Wandkontakt aufbereitet werden, um möglichst alle Nischen zu erreichen (94). Gleichzeitig werden durch das mechanische Säubern Gewebezerrfallsprodukte entfernt, die Zahl der Mikroorganismen reduziert (66, 69, 84) und die bei Pulpagangrän infizierten oberflächlichen Kanalwanddentinsschichten bzw. irreguläres Reizdentin, das medikamentös kaum beeinflußt werden kann, abgetragen (37, 64).

2.1.1. Aufbereitungstiefe

Wichtig ist außerdem die Tiefe der Aufbereitung. Hierzu schreibt SCHROEDER 1979 (101): "Es geht beim Aufbereiten darum, den Apex zu erreichen, nicht aber das Foramen zu erweitern. Je mehr das Foramen ausgeweitet wird, desto schwieriger wird später das Abfüllen, und desto eher kommt es zu Reizerscheinungen am Periapex und zu verzögerter Heilung des periapikalen Gewebes."

Die meisten amerikanischen Autoren empfehlen, den Kanal bis zum Foramen apicale aufzubereiten und zwar gleichgültig, ob es sich um eine vitale oder gangränöse Pulpa handelt. Dagegen unterscheidet die europäische Schule die Aufbereitung bei vitaler Pulpa - hier bis zum physiologischen Apex - vom Aufbereiten bei gangränöser Pulpa - hier bis zum röntgenologischen Apex, der dem anatomischen Apex entspricht. Allerdings ist es laut KRÖNCKE (60) falsch, den Wurzelkanal eines gangränösen Zahnes mit Gewalt und gegen Hartsubstanzwiderstand bis zum röntgenologisch darstellbaren Apex aufzubereiten. In einem derartigen Fall empfiehlt es sich, die Aufbereitung 1 bis 2 mm vor dem Apex enden zu lassen und das Ergebnis der Wurzelkanalbehandlung über hinreichende Zeit zu kontrollieren. Wenn das Aufbereitungsinstrument dem gangränösen Wurzelkanal widerstandslos bis zum röntgenologisch darstellbaren Apex folgt, kann der Wurzelkanal nach wie vor bis zu dieser Tiefe aufbereitet und gefüllt werden.

Die aufbereitete Länge kann mit Hilfe der Parallelröntgentechnik (62, 112) oder elektrisch mit dem Dentometer (90) bestimmt werden. Auch PAHNCKE (80) berichtet über elektrische Längenmessungen von Wurzelkanälen mit einem an der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock entwickelten Gerät.

In einer Stellungnahme der DGZMK zur Längenmessung des Wurzelkanals schreibt KRÖNCKE (59): "Seit mehreren Jahrzehnten gibt es elektrische Meßinstrumente die, im Prinzip auf der Widerstandsmessung beruhend, anzeigen sollen, wann die vordringende Instrumentenspitze das Foramen

apicale erreicht. Richtig und mit Übung angewandt, scheinen Erfolgszahlen bis zu 90% erfreulich hoch und praktikabel zu sein. Genau be-
sehen muß man aber feststellen, daß diese Meßmethoden in zu vielen
alltäglichen Fällen versagen (z.B. nach bestimmten Methoden der Vor-
behandlung, bei weitem Foramen apicale, bei anatomischen Variatio-
nen im Wurzelkanalsystem, bei großflächigem Ulkus im Wurzelkanal
u.a.). Auch wenn dies nur 10% aller Fälle wären, wie manche Stati-
stiken in falscher Auslegung anzuzeigen scheinen, bliebe in jedem
Einzelfall die Unsicherheit. Deshalb ist die Röntgenmeßmethode für
die Praxis das Mittel der Wahl, und eine der elektrischen Meßmetho-
den ist allenfalls ein Hilfsmittel für diejenigen Fälle, in denen
sich die Röntgenaufnahme verbietet."

Eine neue Methode, die vor allem dann angewandt werden soll, wenn
Röntgenaufnahmen kontraindiziert sind, und bei der das Fingerspit-
zengefühl die entscheidende Rolle spielt, ist das Bestimmen der de-
finitiven Länge mit dem "APEXFINDER" nach NEGM (75).

2.1.2. Aufbereitungsinstrumente

Neben der "richtigen" Länge und dem ausreichenden Erweitern des Ka-
nals ist die bearbeitete Dentinoberfläche von großer Wichtigkeit
(21). Die Oberfläche der Kanalwand soll schließlich glatt und nicht
aufgeraut sein. Bei rauher Dentinoberfläche sind die Spaltbildungen
zwischen Füllmaterial und Dentin größer als bei glattwandigen Kanä-
len.

KOTHE (53) schreibt 1973: "Mit dem Erweitern des Wurzelkanals soll
gleichzeitig die Kanalwand geglättet werden. Dies wird als eine der
Voraussetzungen für den wanddichten Verschuß des Wurzelkanals durch
ein Füllmaterial angesehen. Beim manuellen Aufbereiten des Kanals
mit der Hedströmfeile, dem Beutelrockbohrer und der Rattenschwanz-
feile wurde unter den beschriebenen Versuchsbedingungen und in der
Reihenfolge der obengenannten Instrumente eine zunehmend glattere
Kanaloberfläche beobachtet."

FROMME, GUTTZEIT und RIEDEL (21) untersuchten 1970 die Eigenschaften verschiedener Instrumente zum Aufbereiten von Wurzelkanälen mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskops. Sie stellten fest, daß sich KERR-Räumer zur Aufbereitung enger und leicht gekrümmter Kanäle gut eignen. Mit ihnen läßt sich das Wurzelkanalrelief gut eibebnen und die Kanalwand optimal glätten. Dagegen eignen sich HEDSTRÖM-Feilen gut für weitlumige und gerade Kanäle. Sie sind an der Wurzelkanalwand sehr wirksam und tragen das Dentin gut ab. Da bei ihrer Anwendung starke Furchen und Zerklüftungen auftreten, läßt die Oberfläche der Kanalwände aber zu wünschen übrig. Für das Aufbereiten weitlumiger Kanäle eignen sich außerdem Rattenschwanzfeilen. Auch bei ihnen kommt es zu ausgiebiger Dentinabraspelung. Im Gegensatz zu den HEDSTRÖM-Feilen ist hier die Kanalwand nach dem Bearbeiten geglättet.

1975 untersuchten MIZRAKI und TUCHER (71) elektronenmikroskopisch die Effektivität verschiedener Wurzelkanalinstrumente. Die besten Ergebnisse wurden erzielt, wenn KERR-Räumer und HEDSTRÖM-Feilen kombiniert verwendet wurden. Bei keiner der angewandten Bearbeitungsmethoden kam es zur vollständigen Entfernung von Gewebsresten an der Dentinoberfläche. Apikal fanden sich Dentinspäne, und eine Hälfte der Kanalwand war meist besser bearbeitet als die andere.

MOODNIK (72), McCOMB und SMITH (67) kamen zu ähnlichen Ergebnissen, wobei sie auch registrierten, wie verschiedene Spülflüssigkeiten wirken. Unterschiede im Behandlungsergebnis beim Aufbereiten von vitalen und marktoten Zähnen mittels KERR-Räumern und HEDSTRÖM-Feilen sowie üblicher Spülungen wurden nicht beobachtet.

Laut TSCHAMER (111) eignen sich KERR-Räumer besonders gut zum Aufbereiten enger und gekrümmter Kanäle. Dagegen zeigte sich die Überlegenheit der Rattenschwanzfeilen apikal, weil es hier zu einer geringeren Anhäufung von Detritus und Gewebsresten kam.

Bei einer Untersuchung gangränöser Zähne stellte WILLMER (117) fest, daß die Kanalwände nach Bearbeiten mit KERR-Räumern eine kontinuier-

liche, glatte Oberfläche aufwiesen und die Dentinkanälchen relativ gut erschlossen wurden.

Zähne mit offener und geschlossener Gangrän wurden von MELKOVA, SMUTNA und ODEHNAL (69) in vivo und in vitro mit gleichen Resultaten behandelt. Dabei stellte sich heraus, daß mechanisches Bearbeiten des infizierten Wurzelkanals sehr wirksam die Zahl der vorhandenen Keime reduziert.

FISCHER (18) untersuchte sorgfältig aufbereitete und abgefüllte Zähne, deren Röntgenaufnahmen eine ordnungsgemäße Wurzelfüllung vermuten ließen. Nach deren Extraktion fand er von Instrumenten nicht berührte Abschnitte der Kanalwand und Ansammlungen von Dentinspänen.

Die Effektivität von Räumern und Feilen hinsichtlich der Bakterienbesiedelung prüfte NICHOLLS (77); er konnte nach der Behandlung nur noch bei sechs von insgesamt 148 offenen und bakteriell besiedelten Zähnen die Anwesenheit von Bakterien nachweisen.

1975 weist KRÖNCKE (58) darauf hin, daß durch Räumern und Feilen die Dentinkanälchen verquetscht und mit Dentinsplittern teilweise verlegt oder eingeengt werden können. Das Aufbereiten des Kanals erfolgte im apikalen Bereich nur mit Räumern, während es koronalwärts zusätzlich mit Feilen durchgeführt wurde. Die Aufbereitung beginnt mit der Instrumentengröße, bei der man beim Eindringen bis zur gewünschten Tiefe erstmals einen Wandkontakt erhielt.

Die Untersuchungen ergaben, daß bei Wurzelkanälen mit vorwiegend rundem Querschnitt mindestens vier Räumerstärken über den ersten Wandkontakt aufbereitet werden muß, um im apikalen Bereich den größten Teil der Wurzelkanalhohlräume vollständig zu erfassen. Zähne mit vorwiegend ovalem Wurzelkanalquerschnitt sollten dagegen über den ersten harten Wandkontakt hinaus noch um mindestens fünf Räumerstärken erweitert werden, wenn der apikale Bereich mit hinreichender Sicherheit erfaßt und mechanisch ausgeräumt werden soll.

Eine ausführliche Untersuchung über den Einsatz verschiedenster Kanalaufbereitungsinstrumente stammt von KONOPELSKI und KRÖNCKE (52). Für die Praxis wird die alternierende Anwendung von KERR-Räumern und HEDSTRÖM-Feilen empfohlen, obwohl die aufbereitete Oberfläche der Wurzelkanalwände unter diesem Vorgehen weniger glatt erscheint.

CRAIG und PEYTON (8) untersuchten physikalische und mechanische Eigenschaften von KERR-Räumern und HEDSTRÖM-Feilen. Dabei fanden sie keine nennenswerten Unterschiede in den Materialeigenschaften der beiden Instrumententypen.

In einer Studie, in der er Wurzelkanäle, die mit ultraschallbetriebenen Instrumenten aufbereitet wurden, mit herkömmlich aufbereiteten verglich, stellte CUNNINGHAM (11) bei der ersten Methode eine deutlich glattere Kanalwand und signifikant weniger Verschmierungen fest.

2.1.3. Spülungen

Nach der vollständigen mechanischen Aufbereitung bleiben an der Kanalwand noch viele Verunreinigungen zurück, die nur durch Spülungen wirksam entfernt werden können. Man ist sich heute aber noch nicht darüber einig, mit welchen Spüllösungen die besten Ergebnisse erzielt werden.

KÜHLFLUCK und KLAMMT (61) überprüften 1980, ob sich Peressigsäurelösungen zur Desinfektion infizierter Wurzelkanäle eignen. Dabei wiesen sie nach, daß beim Verwenden von Peressigsäure eine Gangränbehandlung mit hoher Erfolgssicherheit in einer einzigen Sitzung durchgeführt werden kann.

1981 spülten PAWLICKA, PIATKOWSKA und HAJDUKIEWICZ (81) mechanisch aufbereitete Kanäle mit 3%-iger Lösung von H_2O_2 , destilliertem Wasser, 1%igem NaOCl, 15%igem EDTA, 15%igem EDTAC, 15%igem DTPA und

15%igem DTPAC. Die Analyse der Elektronogramme zeigte, daß die besten Ergebnisse erzielt wurden, wenn die Kanäle mit Chelatorenverbindungen, wie EDTA und DTPA gespült wurden. Besonders gut waren die Effekte nach Zugabe von Detergentien (EDTAC, DTPAC). Die Dentinoberfläche war dann von allen Verunreinigungen befreit, und auf der ganzen Zahnwurzellänge waren die Lumina der Dentinkanälchen sichtbar.

1982 untersuchte PAWLICKA (83) Chelatverbindungen auf ihre Eigenschaften, Wurzelkanäle zu erweitern. Die Untersuchungen der Dentinmikrohärte vor und nach der Applikation der Chelatverbindungen (EDTA und DTPA) in den Wurzelkanal zeigte, daß diese Verbindungen wirksame Mittel zur Dekalzifikation des Dentins und somit zum Erweitern von Wurzelkanälen sind.

Der gleiche Verfasser prüfte die o.g. Chelatverbindungen auch auf ihre bakteriologische Wirksamkeit und stellte folgendes fest: "In unseren Untersuchungen haben wir keine Unterschiede in der antibakteriellen Aktivität zwischen EDTA und DTPA festgestellt. Ihre antibakteriellen Eigenschaften haben sich auch nach Detergentienzugabe nicht verändert. Aus den von uns durchgeführten Untersuchungen geht hervor, daß Chelatoren dank ihrer antibakteriellen Aktivität und der Penetrationsefähigkeit ins Dentin die endodontische Behandlung erleichtern können (82)."

Die Wirkung von Spüllösungen wird von verschiedenen Untersuchern unterschiedlich beurteilt; dennoch sind sich alle Autoren darin einig, daß das Spülen des Wurzelkanals vor dem Abfüllen unbedingt notwendig ist.

Im gangränösen Kanal werden sich auch nach gründlichem Aufbereiten und Spülen immer noch Bakterien befinden. Um sie zu vernichten, hat GHAREVI (23) ein Breitbandantibiotikum als Einlage im Wurzelkanal appliziert: "Nach anfänglichen Versuchen mit verschiedenen Medikamenten hat sich Nebacetin-Salbe (BYK Gulden) als besonders brauchbar

erwiesen. Das Präparat wirkt nicht nur bakteriostatisch sondern auch bakterizid; die Sensibilisierungsquote ist sehr gering, weil es lokal angewandt und nicht leicht resorbiert wird. Dies hat besondere Vorteile hinsichtlich der Eliminierung eines periapikalen Prozesses, da die in der pars apicalis des Wurzelkanals deponierte Substanz auf Grund ihrer geringen Resorptionseigenschaften für einen deutlich längeren Zeitraum mit nahezu gleichbleibender Konzentration am gewünschten Ort einwirken kann. Das Verfahren kann besonders in den Fällen empfohlen werden, bei denen konventionelle Methoden nicht zum Ziel führen."

2.2. Wurzelkanal-Füllung

WITZEL (118) beschäftigte sich bereits 1879 mit dem Problem der Wurzelfüllung pulpatoter Zähne. Grundsätze für das Füllen gangränöser Pulpakanäle, die heute noch Gültigkeit besitzen, wurden schon 1884 von RICHMOND aufgestellt: "Das Foramen muß dicht abgeschlossen werden mit einem festen, nicht schrumpfenden Material, das den Apex nicht überragt."

SPRETER V. KREUDENSTEIN und KAYSER fordern 1954: "Der dichte Verschluß der sorgfältig aufbereiteten Wurzelkanäle ist Vorbedingung, um eine Reinfektion der apikalen Region durch exogene Noxen zu vermeiden" (107, 98).

SCHILDER (96) meinte 1967 über "dichten Verschluß": "In der Endodontie versteht man unter hermetischem Verschluß eine völlige Undurchlässigkeit für Luft, Wasser und Mikroorganismen und Solidifikation des gesamten Wurzelkanalsystems, zumindest aber der Hauptkanäle."

Dazu behauptete KUTTLER (63) 1958: "Dieses Ziel wird jedoch kaum vollständig erreicht werden können. Eine ideale Wurzelkanalfüllung soll den Anteil des Kanals, der von Dentin umgeben ist, dicht abfüllen. Die Wurzelfüllmasse soll die Bildung von neuem Zement apikal von der Zement-Dentingrenze stimulieren, so daß sich schließlich ein

weitgehender biologischer Verschluß des Kanals unmittelbar apikal vom Foramen apicale durch Zement bildet. Dadurch wird der physiologische Zustand des periapikalen Gewebes, nämlich des Desmodonts und des alveolären Knochens, gewährleistet."

Sowohl CURSON 1966 (9), FROMME 1970 (21), GROSSMANN 1970 (27) als auch HARNDT (39) und GULDENER 1979 (33, 34) äußern sich übereinstimmend: Während es das Ziel des Aufbereitens und Spülens ist, den Wurzelkanal zu sterilisieren oder, realistisch ausgedrückt, möglichst keimfrei zu machen, bezweckt die Wurzelkanalfüllung, diesen hermetisch zu verschließen, um eine Reinfektion sowohl von koronal als auch von apikal zu verhindern.

GULDENER meint 1971 (30): "Wird zum Füllen des Wurzelkanals nur Wurzelfüllmasse ohne zusätzlichen Stift verwendet, so wird die Fehlerquelle, d.h. die Ungenauigkeit, den Wurzelkanal am Foramen apicale zu verschließen, wesentlich erhöht." Derselbe Autor schreibt 1978 (32): "Wird ein Wurzelkanal nicht dicht gefüllt, so besteht die Gefahr, daß vom periapikalen Entzündungsprozeß Sekret eindringt, dessen Proteine koagulieren und auf die apikale Wurzelhaut und den Knochen toxisch wirken. Dadurch wird sowohl die Heilung periradikulärer Läsionen verhindert als auch eine Sekundärinfektion via Blutstrom begünstigt. Die seröse Gewebsflüssigkeit dient darüber hinaus etwaigen verbliebenen Restkeimen als Nährsubstanz und begünstigt deren Vermehrung im Wurzelkanal."

Um das Ziel - einen hermetischen Abschluß des Wurzelkanals - zu erreichen, werden heute unterschiedliche Methoden angewandt und verschiedene Materialien verwendet.

Dazu schreibt SCHROEDER 1979 (102): "Die Wurzelfüllung mit einem bestimmten Material oder nach einer bestimmten Methode ist nicht das Alpha und Omega der ganzen Therapie, sondern nur der Schlußpunkt in der Reihe aller unserer Maßnahmen. Womit dieser Schlußpunkt gesetzt wird, ist nicht von entscheidender Bedeutung, unter der Bedingung

allerdings, es werden damit jene Forderungen erfüllt, die mit dem Begriff "optimale Obliteration" umschrieben wurden."

2.3. Wurzelkanal-Füllmaterialien

Nach GROSSMAN (29) soll ein ideales Wurzelkanalfüllmaterial folgende Eigenschaften aufweisen; es soll:

1. vor Applikation leicht und schnell sterilisiert werden können
2. leicht in den Kanal einzubringen sein
3. nicht schrumpfen
4. undurchlässig für Feuchtigkeit sein
5. den Kanal sowohl lateral als auch vertikal dicht verschließen
6. bakteriostatisch sein oder wenigstens das Bakterienwachstum nicht begünstigen
7. keine Reize auf das periapikale Gewebe ausüben
8. radioopak sein
9. den Zahn nicht verfärben
10. falls notwendig, leicht aus dem Kanal entfernt werden können.

Darüber hinaus wurden 1979 von GULDENER (33, 34) noch folgende Forderungen erhoben:

- um die Anmischung mit der Flüssigkeit zu erleichtern, soll das Pulver feinkörnig sein
- langsames Abbinden
- gute Adhäsion (Wandständigkeit) nach der Abbindephase
- Unlöslichkeit in Gewebsflüssigkeit

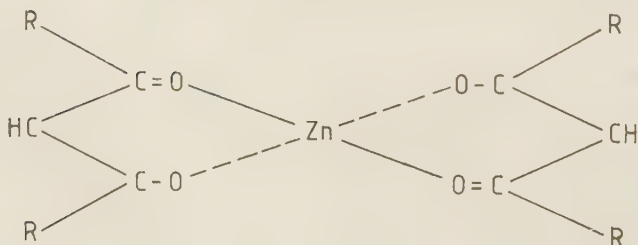
Da es sich hierbei teilweise um widersprüchliche Forderungen handelt, ist verständlich, daß bis heute das "ideale Wurzelkanalfüllmaterial" noch nicht auf dem Markt ist. Die besten Ergebnisse werden nach GULDENER (33, 34) mit der Kombinationsmethode erzielt, bei der ein wandständiger, gewebeverträglicher Wurzelkanalfüllzement und zusätzlich ein nachgeschobener Guttaperchastift verwendet werden.

2.3.1. Diaket

BÜCKMANN et al. (5, 6) veröffentlichten bereits 1957 in einer abschließenden Zusammenfassung zur Dichte und Wandständigkeit von Füllmaterialien folgendes über das bei uns verwendete Diaket^R: Diaket^R ist nicht porös, aber bei modifizierten Durchströmungsmethoden auch nicht wandständig. Eine Ausnahme in dieser Befundreihe stellte nur die Blasendruckmethode mit Aufbewahrung auf NaHCO₃-Lösung dar, die auf eine größtenteils wandständige Lagerung des Diakets schließen ließ.

KRÖNCKE (56) kam bei seinen Untersuchungen über das Diaket zu ähnlichen Ergebnissen. Als Zufallsergebnis wurde festgestellt, daß Diaket^R von Lösungen, welche sekundäres Natriumphosphat enthalten, erweicht und mit der Zeit aufgelöst wird. Wieweit dieser Befund in Anbetracht der Tatsache, daß Phosphate normalerweise in Gewebsflüssigkeiten vorhanden sind, klinische Bedeutung besitzt, läßt sich vorläufig nicht ermessen. Dennoch wird Diaket^R unter diejenigen Wurzelfüllmaterialien eingestuft, die den Forderungen am nächsten kommen, die an ein Wurzelfüllmaterial gestellt werden müssen.

Die chemische Formel des Diaket^R wurde erstmals 1951 von SCHMITT und die Zusammensetzung 1952 von SCHEUFELE (95) beschrieben:



Über die Abbindezeit von Diaket wurden von mehreren Autoren stark voneinander abweichende Ergebnisse festgestellt. Nach GROSSMAN 1963 (25) und 1978 (29) beträgt sie nur etwa sechs Minuten und wird bei Feuchtigkeitsaufnahme noch verkürzt.

In einer Studie von CURSON et al. 1968 (10) wird sie mit 2 h und 26,5 min, in feuchtem Milieu mit 55 min angegeben. Extrem hohe Werte fand NIEDERDELLMANN 1976 (78). Diese betrachtete er als Nachteil des Diakets. Deshalb verwendet er Polymethylmethacrylat in Verbindung mit einem Stabilisierungsstift, um die Abbindezeit zu verkürzen.

Untersuchungen über das Formverhalten von Diaket^R stellte SCHEUFELE (95) 1952 an. Er fand, daß das Material während der Abbindung nur um 0,16% kontrahiert, solange es sich noch in fließfähigem Zustand befindet. Der sich anschließende Übergang in den festen Zustand verläuft ohne Volumenveränderung.

Zahlreiche Autoren - wie WAECHTER 1953 (113), KRÖNCKE 1953 (55), STEWART 1958 (108, 109) und GROSSMAN 1976 (28) - testeten die Permeabilität des Diakets mit Farbstofflösungen. Die Eindringtiefe der Farbstoffe war zwar gering, aber bei den einzelnen Untersuchern stark unterschiedlich. Sie betrug 0 mm bei WAECHTER und STEWART, 0,2 - 0,3 mm bei GROSSMAN und 0,8 mm bei KRÖNCKE.

1954 untersuchte SCHROEDER (99) die Dichtigkeit von zehn Wurzelfüllmaterialien und stellte fest, daß nur mit Diaket^R oder AH 26^R ein effektiver, hermetischer Abschluß erreicht werden kann.

Die Gewebsverträglichkeit von Diaket^R wurde von SCHEUFELE (95) 1952 getestet. Dazu implantierte er das Material intramuskulär bei Kaninchen. Drei Wochen später beobachtete er eine geringe, entzündliche Gewebsreaktion, nach fünf Wochen bereits reifes Bindegewebe.

Dagegen stellte STEWART (108, 109) 1958 nach Implantation von Diaket^R in subkutanes Gewebe von Kaninchen nach zwei bis sechs Wochen keine Reaktion fest.

1966 verglichen MURUZABAL et al. (73) die Gewebsverträglichkeit von Diaket^R und AH 26^R an Rattenmolaren, wobei die Wurzelkanäle teils über-, teils unterfüllt waren. Die periapikale Gewebereaktion beider Füllmassen zeigte große Ähnlichkeit. Bei normaler oder Unterfüllung des Kanals wurde jeweils nur eine schwach entzündliche Reaktion festgestellt. Dagegen waren bei überfüllten Kanälen Nekrosen des apikalen Zements und des Knochens sichtbar.

RAPPAPORT (87) untersuchte 1964 zehn Wurzelfüllmittel auf ihre Verträglichkeit an Gewebekulturen. Dabei fand er, daß Diaket^R einerseits die meisten Reize auf das umliegende Gewebe ausübt, andererseits aber die besseren bakteriologischen Eigenschaften besitzt.

KAWAHARA et al. 1968 (48) sowie SPANGBERG 1969 (105) fanden, daß AH 26^R un- bzw. nur schwach toxisch ist.

In einer neueren Untersuchung von HEIDEMANN und LAMPERT (41) 1980, bei der sie Wurzelfüllmaterialien an einer Kultur von Primärzellen der menschlichen Gingiva prüften, fanden die Autoren eine Zunahme der Toxizität in nachstehender Reihenfolge: Endomethasone^R, AH 26^R, N₂^R, Diaket^R.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß Diaket^R folgende Eigenschaften aufweist, die seine Zugehörigkeit zur Gruppe der Wurzelfüllmaterialien begründet, die dem idealen Wurzelfüllmittel am nächsten kommen:

- Sterilisierbarkeit
 - leichte Verarbeitung
 - mittlere Abbindezeit
 - gute Wandständigkeit
 - keine Kontraktion
 - keine Porosität
 - widerstandsfähig gegen Feuchtigkeit
 - röntgendicht
 - gute Gewebeerträglichkeit
 - unlöslich in Körpersäften
- } durch Versuche in vivo getestet

Dies gilt aber nur dann, wenn es in möglichst kleiner Oberfläche zum benachbarten apikalen Gewebe steht.

2.3.2. N₂-Sargenti

Von der Verwendung von N₂-Sargenti wird allgemein abgeraten. Dies ist vor allem bedingt durch die sehr inkonstanten Konzentrationen von Paraform, das permanent das eiweißfällende Fixationsmittel Formaldehyd abgibt, und den sehr hohen Gehalt von Bleioxyd (ca. 27%) - beides Mittel, die die Gewebeneutralität in der vorliegenden Form nicht wahren (38, 45).

SARGENTI (93) berichtet 1968 in seiner "Rationellen Wurzelbehandlung", daß das N₂ resorbierbar sei, sofern es über den Apex hinaus gefüllt werde. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen 1970 DUCSEVA (13) und 1974 HAKKAK (36). Bakteriologische Untersuchungen berichten von einer Desinfektionswirkung der N₂-Wurzelfüllung (79). Zugleich wird aber auch von anderen Autoren auf die Toxizität von N₂ hingewiesen (86). 1968 bezweifeln OVERDIEK und SAUERWEIN (79) die Gewebefreundlichkeit der N₂-Wurzelfüllung. HARNDT und KAUL (38) konnten 1973 mit markiertem Blei zeigen, daß dieses resorbiert wird und sich in anderen Organen nachweisen läßt. ALBERS (1) berichtet 1977 sowohl von einer Schädigung des apikalen als auch des gesamten peridontalen Gewebes.

2.3.3. Phosphatzement

Auch Phosphatzement (Harvard-Zement) ist ungeeignet, wie elektronenmikroskopische Untersuchungen von SVEJDA et al. (110) an Wurzelkanalfüllungen mit Phosphatzement nach Wurzelspitzenresektion feststellten. Sie registrierten sowohl zwischen Kanalwand und Füllmaterial als auch zwischen Füllmaterial und nachgeschobenem Guttaperchastift Randspalten.

2.3.4. Gangraena-Merz^R

Bei einer elektronenmikroskopischen Untersuchung über die Wanddichte erstarrender Wurzelfüllmaterialien, bei der er fünf verschiedene Präparate miteinander verglich - jedoch ohne nachgeschobenen Stift - , stellte AUCHTER (4) 1982 bei Endomethasone^R gute Werte, die mit Abstand besten jedoch bei Gangraena-Merz^R fest.

DIETZ et al. (12) haben mit der von ihnen entwickelten Wurzelfüllpaste Gangraena-Merz^R gangränöse Zähne mit dem Bild einer chronischen apikalen Parodontitis abgefüllt und dabei absichtlich überfüllt. Nach mehrjähriger Kontrollzeit stellten sie eine Erfolgsquote von 93% fest. Mißerfolge waren meist auf Schwierigkeiten beim Aufbereiten zurückzuführen.

Was die Zytotoxizität anbelangt, so erreichte Gangraena-Merz^R-Paste bei einem von KLAIBER, MITTERMAYER, KADEN und SCHWECHTEN (50) durchgeführten Test von 10 Wurzelfüllmaterialien an einer Kultur von Wangenschleimhautfibroblasten, deren Züchtungsbedingungen denen von menschlichen Pulpazellen entsprechen, die besten Werte, Diaket^R und AH 26^R dagegen die schlechtesten.

2.3.5. Atacamit-Zemente

1981 berichteten KNAPPWOST, J. GRAEBER, K. GRAEBER, GURA und MARNITZ (51) über Atacamit^R-Wurzelfüllzemente. Die wichtige Eigenschaft dieser Zemente ist die langzeitige Abgabe von Cu-Ionen aus dem Atacamit^R. Da diese unspezifisch desinfizieren, ist damit eine langanhaltende Abgabe eines nicht zur Resistenzentwicklung führenden Desinfektionsmittels gegeben. Darüber hinaus schließen natürlich die Atacamit^R-Zemente den Wurzelkanal bakteriendicht zur Kavität hin ab. BUCHHOLZ gelang in einigen Fällen die Ausheilung langjähriger therapieresistenter Infektionen mit Cu-dotiertem PMMA (7).

Der Endodontie dürfte deshalb in den alkalischen Atacamit^R-Zementen mit ihrer zeitlich begrenzten Calciumhydroxidwirkung und ihrer zeit-

lich praktisch unbegrenzten Kupfer-Ionenwirkung ein wichtiges Hilfsmittel zur Verfügung stehen. Zum Einzementieren von Stiften sind sie jedoch aus Gründen mangelnder Festigkeit nicht geeignet. Ebenso sollte ein Überfüllen vermieden werden, da sonst - wie beim Calciumhydroxid - eine Ätzwirkung im periapikalen Gebiet eintritt, die allerdings völlig reversibel ist.

2.3.6. Guttapercha

Da nur in Verbindung mit einem nachgeschobenen Guttaperchastift gute Ergebnisse, d.h. minimale Spaltbreiten erreicht werden können (31), muß hier noch näher auf Guttapercha als Wurzelfüllmaterial eingegangen werden.

Der Name Guttapercha leitet sich vom malaiischen "getah pertja" (Fladen aus klebrigem Pflanzensaft) ab (100). Es handelt sich um den zu einer braunen, zähen Masse eintrocknenden Milchsafte verschiedener, in Südostasien vorkommender Bäume aus der Familie der Sapotaceae. Die Rohguttapercha enthält 20 bis 30% Harze und 70 bis 80% Kautschukkohlenwasserstoff. Sie ist damit ein Isomer des Naturkautschuks, jedoch schwer vulkanisierbar. Guttapercha wird ab 55 bis 60°C weich und plastisch und ist in vielen organischen Lösungsmitteln löslich.

Über Geschichte und Chemie der Guttapercha haben GOODMAN, SCHILDER und ALDRICH in eingehender Weise berichtet (24, 97). 1844 wurde Guttapercha erstmals nach Europa verschifft. Seit dieser Zeit wird sie in der Zahnheilkunde verwendet, sei es als provisorisches Kavitätenfüllmittel, Abdruckmaterial (Kauabdruck nach SPRENG) oder eben - in verschiedenen Variationen - als Wurzelfüllmittel.

Bereits 1847 füllte BENNETT einen Wurzelkanal erstmals mit reiner Guttapercha. Die heute als Wurzelfüllmaterial verwendeten Guttaperchaspitzen bestehen nur noch zu einem Fünftel aus Guttapercha, im übrigen aus Füllmitteln aller Art (wie ZnO, Silikaten usw.). Schon aufgrund dieser Zusammensetzung können die in der Endodontie üblichen

Guttaperchaspitzen nicht völlig inert und gewebeverträglich sein, weder als solche noch in Kombination mit gewissen Lösungsmitteln, wie z.B. Chloroform (106). Sie können auch abgebaut werden, wie FELDMAN et al. (16) nachwiesen. Über den Apex gedrückt stören sie die Heilung nicht unbedingt, verlangsamen sie aber eindeutig. Wenn man von der Methode absieht, die u.U. die Verwendung von Guttapercha ohne gleichzeitige Applikation eines flüssigen Wurzelfüllmittels (Zemente, AH 26^R usw.) zuläßt, spielen die aus Guttapercha hergestellten Wurzelfüllspitzen die Rolle eines Adjuvans. Dieses bietet durchaus verschiedene Vorteile, ist aber nicht in allen Fällen unbedingt nötig.

GULDENER (31) schreibt 1971 über Guttapercha: "Guttapercha wird bei etwas über 50°C weich und plastisch und weist im erwärmten Zustand eine hohe Adaptabilität auf. Sie ist ein schlechter Wärmeleiter und wird vom Speichel sowie von Gewebsflüssigkeit nicht angegriffen. In Chloroform, Xylol und Äther ist sie löslich. Schließlich ist sie nicht toxisch, reizt das Gewebe nicht und schrumpft nicht."

Die Zytotoxizität von Guttapercha wurde 1973 von SPANGBERG et al. (106) an Hela-Zellkulturen untersucht. Dabei fanden sie heraus, daß - im Vergleich mit anderen Wurzelfüllmitteln - Guttapercha die mit Abstand geringste Zytotoxizität aufweist.

In einer Studie über die in der Endodontie verwendeten Guttaperchasstifte hat FRIEDMANN (20) 1975 fünf verschiedene Marken untersucht. Er stellte fest, daß sie nur etwa 20% (19 - 22%) Guttapercha als Matrix, 66% (59 - 75%) Zinkoxid als Füller, 11% (1,5 - 17%) Metallsulfate als Röntgenkontrastmittel und schließlich 3% (1 - 4%) Wachse oder Kunststoffe zur Erhöhung der Plastizität enthalten. Zug- und Bruchfestigkeit sowie Plastizität sind in erster Linie von Zusammensetzung und Temperatur abhängig. Hoher Guttaperchagehalt erhöht die Brüchigkeit und erniedrigt dadurch das Fließvermögen.

1971 führten GURNEY et al. (35) Untersuchungen über die verschiedenen physikalischen Eigenschaften von Guttapercha (Marke Mynol) durch. Sie

stellten fest, daß sie sich bei steigender Temperatur leicht ausdehnt, weshalb sie sich für die endodontische Verwendung als Füllmaterial gut eignet. Im feuchten Milieu zeigte sie praktisch keine Volumenveränderung.

Volumetrische Untersuchungen von MARLIN et al. (65) ergaben 1973, daß das Volumen von Guttapercha größer war als der Raum (Glaszylinder), den sie nach dem Füllen mit Hitze unter Druck einnahm. Dies liegt an der Kompressibilität des Füllmaterials. Hier handelt es sich um eine Eigenschaft von klinischer Bedeutung, weil Guttapercha durch den inneren Druck das Wurzelkanalfüllmittel an die Wand preßt und dieses somit in engeren Kontakt zur Kanalwand kommt.

Dank ihrer günstigen physikalischen Eigenschaften hat sich Guttapercha bis zum heutigen Tag als Wurzelfüllmaterial ausgezeichnet bewährt. Dies gilt aber nur in Verbindung mit einer zusätzlichen Wurzelfüllmasse, wie HIGGINBOTHAM 1967 (44) und YEE et al. 1977 (119) nachwiesen, weil es sonst zu keinem dichten Abschluß des Kanals kommt.

Der Frage, wie ein weites Foramen apicale - ohne ein künstliches Wurzelfüllmaterial zu verwenden - verschlossen werden kann, gingen ROSS-MEISL, READER, MELFI und MARQUARD (91) nach. In einer Studie an Affen füllten sie den apikalen Teil des Kanals, der 2 mm über den Apex hinaus in den Knochen aufbereitet war mit gefriergetrocknetem (lyophilisiertem) Dentin, wobei sie letzteres bewußt über den Apex hinaus preßten und ca. 3 mm der Wurzelspitze damit ausfüllten. Dann füllten sie den restlichen Kanal mit Guttapercha auf, schlossen ihn koronal mit einem Zinkoxid-Eugenol-Zement ab und legten eine Amalgamfüllung darüber. Nach Perioden von 6, 13, 23 und 27 Wochen wurden die Tiere getötet und die Zähne für histologische Untersuchungen präpariert. Die Präparate zeigten nach 6-wöchiger Liegedauer des gefriergetrockneten Dentins apikal eine akute Entzündung. Spätere Präparate wiesen Knochenheilung auf. Einige Zähne hatten teilweise eine Zementbrücke an das implantierte Material gebildet. Das gefriergetrocknete Dentin erwies sich als ein gewebsverträgliches Material, das als Ersatz für eine apikale Barriere verwendet werden kann. Gegen diese ist dann das dichte Verschließen des restlichen Kanals mit Guttapercha möglich.

2.3.7. Silberstifte

Außer Guttaperchastiften werden in der Endodontie noch Silberstifte verwendet. Nach GROSSMAN (27) sollen sie nur in engen gekrümmten Kanälen benutzt werden.

SELTZER et al. (103) haben 1972 an 25 Silberstiften, die zwischen drei Monaten und zwanzig Jahren nach Einsetzen wieder aus dem Kanal entfernt wurden, elektronenmikroskopisch nachgewiesen, daß sie in Kontakt mit periapikaler Gewebsflüssigkeit korrodierten, wodurch Silbersulfide, -sulfate und -karbonate gebildet wurden. Diese Korrosionsprodukte sind stark zytotoxisch. Sämtliche Silberstift-Wurzelkanalfüllungen in dieser Studie hatten akute klinische Symptome zur Folge.

GULDENER (30) meint 1971: "Silberstifte sind dazu bestimmt, enge gekrümmte Kanäle von Molaren und oberen Prämolaren abzudichten, dort, wo Guttaperchastifte nicht verwendet werden können."

Es steht heute außer Zweifel, daß endodontische Behandlungen im Molarbereich möglich und gerechtfertigt sind; denn die Folgen einer Extraktion sind im allgemeinen weitreichender, da sie meist komplizierte und teure Rekonstruktionen bedingen (92). Da das Legen einer bis in die apikale Region dichten Wurzelfüllung bei engen und gebogenen Kanälen Schwierigkeiten bereitet, ist das Verwenden von Silberstiften besonders in solchen Fällen indiziert (116). Der Stift hat dabei in erster Linie die Funktion, das plastische Wurzelfüllmaterial bis an den Apex zu bringen und außerdem ein Überfüllen zu vermeiden. Er dient darüber hinaus dazu, die Masse an die Kanalwand zu pressen. Ohne zusätzliches Füllmaterial würden Lücken zwischen dem Stift und der Dentinwand bestehen bleiben, auch wenn der Stift noch so satt sitzt.

Deshalb betrachtet GROSSMAN (26) den Stift als eigentlichen Wurzelkanalfüller, vergleichbar mit einem Inlay, das die Kavität ausfüllt.

Die Wurzelfüllmasse dient dazu, den Stift bzw. das Inlay festzuhalten und die Zwischenräume zwischen Füllung und Dentinwand auszufüllen.

Silberstifte haben gegenüber Guttapercha den wesentlichen Nachteil, daß sie weder mit Wärme noch mit einem Lösungsmittel aus dem Kanal entfernt werden können; dies ist bei Guttapercha möglich und dann wichtig, wenn eine Wurzelbehandlung revidiert wird oder Stifte für Kronen angepaßt werden müssen.

2.3.8. Titanium-Stifte

Da nach SELTZER et al. (103) Silberstifte nach Kontakt mit periapikaler Gewebsflüssigkeit korrodieren, hat man nach einem neuen, gewebsfreundlicheren Metall gesucht. Nach morphometrischen Untersuchungen über die Gewebereaktion auf Metallimplantate - durchgeführt von RIEDE et al. (120) - glaubt man, dies mit Titan gefunden zu haben.

MESSING (70) kommt 1980 zu dem Schluß, daß Titaniumstifte die Silberstifte entweder vollständig ersetzen sollten oder zumindest in den Fällen, in denen die Möglichkeit besteht, daß der Stift über den Apex hinausragt, weil sie weniger toxisch sind und somit besser toleriert werden.

2.3.9. Silver-Percha-Stifte

Bei einer anderen Methode, die ebenfalls 1980 veröffentlicht wurde, haben NEGM, GRANT und COMBE (74) bei frisch extrahierten, menschlichen dentes permanentes Silberstifte verwendet. Diese waren mit einer dünnen Schicht (0,1 - 0,15 mm) Guttapercha überzogen, um die Vorteile beider Stiftarten miteinander zu vereinen sowie die Nachteile auszuschalten. Als zusätzliches plastisches Wurzelfüllmaterial diente "Tubli-Seal". Die Zähne wurden dann für 24 Stunden in H_2S gelegt. Dabei kam es zu Verfärbungen an den Silberstiften, jedoch nicht an den

"silver-percha-Stiften". Andererseits waren die Wurzelfüllungen mit "silver-percha" auch dichter und wandständiger, wie vergleichende Untersuchungen zwischen Guttaperchastiften, Silberstiften und den neuen "silver-percha-Stiften" bewiesen.

1983 veröffentlichte NEGM (76) eine klinische Studie über Wurzelkanalfüllmaterialien mit "silver-percha cones" verglichen mit Silberstiften: Die "silver-percha-Stifte" bzw. Silberstifte dienten als Masterpoint. Daneben wurden analog der Lateralkondensationsmethode noch zusätzliche Guttaperchastifte eingebracht und als plastisches Füllmaterial AH 26^R verwendet. Die Patienten wurden dann 18 bis 24 Monate überwacht. Anschließend wurden die Masterpoints entfernt und ihre Oberflächenbeschaffenheit verglichen. Dabei fanden sich bei mehr als 70% der Silberstifte Verfärbungen an der Oberfläche, die einer Korrosion entsprechen. Bei den "silver-percha-Stiften" waren es nur 7%.

Grundsätzlich muß bei allen Wurzelfüllmaterialien gefordert werden, daß sie möglichst wenig toxisch - dies gilt sowohl lokal als auch systemisch - und nicht allergisierend wirken.

KERESZTESI (49) schreibt 1983: "Die meisten bislang gesetzlich ungeprüft im Handel vorkommenden Wurzelfüllmaterialien enthalten anti-septische Wirkstoffe. Diese Substanzen können je nach Löslichkeit nicht nur die dauerhafte Volumenkonstanz gefährden, sondern auch schädliche biologische Nebenwirkungen verursachen. Obwohl die Möglichkeit letzterer nicht dramatisiert werden soll, muß grundsätzlich gefordert werden, daß ein Wurzelfüllmaterial nur nach eingehender wissenschaftlicher Überprüfung zur praktischen Verwendung zugelassen werden darf."

In die gleiche Richtung zielt auch REHBERG (88), wenn er fordert, daß dem Verbraucher ein Hinweis gegeben werden sollte, ob das benutzte Füllmaterial inert oder pharmakologisch wirksam ist und bleibt.

2.4. Kontrolle der Wurzelkanalbehandlung

Ist der Vorgang des Füllens abgeschlossen, kontrolliert der Behandler anhand einer Röntgenaufnahme die Korrektheit der Wurzelfüllung. Um dies zu ermöglichen, ist die Röntgensichtbarkeit des Füllmaterials eine wichtige Voraussetzung, da primär nur durch sie der Erfolg oder Mißerfolg einer Wurzelkanalfüllung beurteilt werden kann. Ein Behandlungserfolg läßt sich aber aus der Röntgenkontrolle allein nicht ableiten (2, 3).

JAHN, E. LANDECK und E. LANDECK (47) fanden bei einer röntgenologischen und klinischen Nachuntersuchung, daß klinische Befunde sowohl bei Zähnen mit als auch bei solchen ohne röntgenologisch festgestellten periapikalen Veränderungen auftreten, bei letzteren allerdings seltener. Sie sind deshalb der Meinung, daß allein die Fistelbildung ein klinisches Symptom darstellt, welches gesichert auf einen Therapiemißerfolg hindeutet. Die Tatsache, daß auch an Zähnen ohne periapikale Veränderungen klinische Symptome auftreten können, die eindeutig auf einen Therapiemißerfolg hinweisen, relativiert die hin und wieder anzutreffende Aussage, daß nur das Röntgenbild Aufschluß über Erfolg oder Mißerfolg einer Wurzelkanalbehandlung gibt.

Dazu meinen APT, DYRNA und NITZSCHE (2, 3): "Das Röntgenbild ist zur Kontrolle des Therapieerfolges zwar unentbehrlich; endgültigen Aufschluß geben aber nur röntgenologischer und klinischer Befund gemeinsam."

Auch HELLWIG, KLIMEK und AHRENS (42) fanden bei einer Nachuntersuchung nach 3 Jahren eine Diskrepanz zwischen klinischem und röntgenologischem Kontrollbefund. So stellten sie in 79% der Fälle mit Überfüllung des Wurzelkanals zwar die Ausbildung eines apikalen Prozesses fest, jedoch keine klinische Symptomatik.

3. Eigene Untersuchungen

3.1. Material

3.1.1. Als Instrumente zum Aufbereiten und Abfüllen der Wurzelkanäle wurden verwendet:

- KERR-Räumer
Micro-Mega AG Deutschland
Bad Homburg
- HEDSTRÖM-Feilen
Micro-Mega AG Deutschland
Bad Homburg
- Lentulospiralen

3.1.2. Als Wurzelfüllmaterialien wurden benutzt:

- genormte Silberstifte nach der ISO-Norm
- genormte Guttaperchastifte nach der ISO-Norm
- nicht genormte Guttaperchastifte der Stärken dick, mittel und dünn
- Diaket^R

Abb. 1: verwendete Stifte



Stifte von links nach rechts:

- genormte Silberstifte der ISO-Norm 90 und 60
- genormte Guttaperchastifte der ISO-Norm 120 und 70
- nichtgenormte Guttaperchaspitzen: dick und mittelgroß

3.1.3. Zur Röntgendokumentation wurden Einzelzahnfilme bei üblicher Belichtung verwendet.

3.1.4. Verwendete Geräte

- Zum Herstellen der Schnitte:

Säge: Fa. Dr. Steeg & Reuter, Bad Homburg v.d.H.

- Zur Präparation der Schnitte für die Betrachtung im Rasterelektronenmikroskop:

Vakuum-Goldbedampfer der Fa. AKASHI, Modell VEF

- Zum Betrachten und Auswerten der Schnitte:

Rasterelektronenmikroskop: MINI-SEM ISI

Die Wanddichte folgender Wurzelfüllmaterialien bzw. -techniken wurde untersucht (A-E: Chiffre für die angewandte Methode):

- A - Diaket^{R+} mit zusätzlich eingebrachtem genormten Guttaperchastift, der der letzten Räumergöße entsprach.
- B - Diaket^R mit zusätzlich eingebrachtem genormten Silberstift, der der letzten Räumergöße entsprach.
- C - Diaket^R mit zusätzlich eingebrachtem genormten Guttaperchastift (= Masterpoint), der der letzten Räumergöße entsprach und zusätzlichen nicht genormten Guttaperchastiften nach der Lateralkondensationsmethode.
- D - Diaket^R mit zusätzlichem, nicht genormtem, aber vorher in der Länge angepaßtem Guttaperchastift der Sortierung dick, mittel oder dünn, je nach Durchmesser des Lumens.
- E - Diaket^R ohne zusätzlichen Stift.

⁺) Fa. ESPE, Seefeld

3.2. Methode

An 77 frisch extrahierten, menschlichen Zähnen, die bis zur Präparation in physiologischer NaCl-Lösung lagerten, wurden Dichte und Wandständigkeit von Wurzelfüllmaterialien untersucht. Milch- und Weisheitszähne, sowie Zähne mit stark gekrümmter apikaler Wurzel wurden nicht verwendet. Außerdem konnte nicht eruiert werden, aus welchen Gründen die Zähne extrahiert wurden, so daß eine Einteilung in gangränöse und vitale Zähne nicht vorgenommen wurde. Nach der morphologischen Zugehörigkeit wurden die Zähne in Gruppen eingeteilt (Incisivi, Canini, Prämolaren und Molaren) und dann durch Zufallsverteilung den einzelnen Methoden zugeführt. Bei den Molaren des Unterkiefers wurde nur die distale Wurzel aufbereitet; bei den Molaren des Oberkiefers meistens die palatinale.

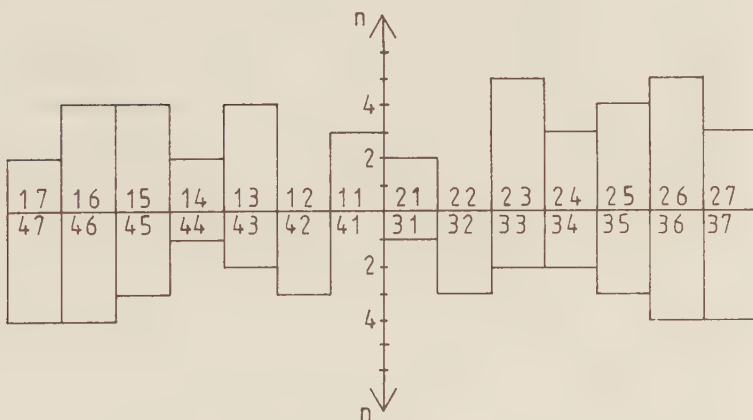


Abb. 2: Zahnschema nach KEISER-NIELSEN mit den zur Untersuchung gelangten Zähnen (n= 77)

Die Zähne wurden unter ständiger Wasserkühlung trepaniert. Nach dem Entfernen der Kronenpulpa wurde ein möglichst geradliniger Zugang zur Wurzelpulpa geschaffen. Dann wurde die Wurzelpulpa exstirpiert. Bei den ersten Zähnen wurde die definitive Aufbereitungslänge sowohl röntgenologisch als auch metrisch festgelegt. Da beide Methoden kaum unterschiedliche Resultate zeigten, wurde dann auf das röntgenologische Meßverfahren verzichtet.

Alle Zähne wurden bis 1 mm vor Apex ($\pm 0,5$ mm) aufbereitet. Zähne, bei denen ein Vordringen des Rämers ISO-Norm 10 bis 1 mm vor Apex nicht möglich war, wurden verworfen. Das Aufbereiten begann mit dem kleinsten KERR-Räumer, der sich eben noch auf die eingestellte Länge vorschieben ließ. Dann wurde in aufsteigender Reihenfolge - ohne eine Größe auszulassen - alternierend mit KERR-Räumern und HEDSTRÖM-Feilen aufbereitet. Nach jedem zweiten Instrumentenwechsel - also jeder nächstgrößeren Instrumentennummer - wurde zuerst mit 5%iger Natriumhypochlorit-Lösung (LANGTHALER & FINK - A-1062 Wien) und dann mit 3%iger H_2O_2 -Lösung mit einer Kanüle gespült. Das Aufbereiten endete mit der HEDSTRÖM-Feile, die der letzten Räumergröße oder einer größeren entsprach. Je nach Zahntyp wurde von ISO 60 bis 140 aufbereitet, wobei immer mindestens fünf Größen über den ersten Räumer mit strengem Wandkontakt zur Anwendung kamen.

Das Aufbereiten wurde unter In-vivo-Bedingungen durchgeführt, d.h. immer eine Viertelumdrehung des Rämers, dann Herausnehmen und Säubern des Rämers mittels eines mit H_2O_2 getränkten Tupfers. Während des gesamten Arbeitsvorganges - beginnend mit der Trepanation - wurden die Zähne ständig in einem mit physiologischer NaCl-Lösung getränkten Tupfer gehalten. Der endgültige Abschluß dieser Maßnahmen war ein letztes gründliches Spülen mit 3%igem H_2O_2 . Nach dem anschließenden Trocknen mittels großer und auf die Aufbereitungslänge eingestellter Papierspitzen war der Zahn bereit für die Aufnahme der Wurzelfüllung.

Jetzt wurde der zu verwendende Stift eingepaßt und inzisal bzw. oklusal markiert. Außerdem wurde die Größe der zu verwendenden Lentulo-Spirale festgelegt.

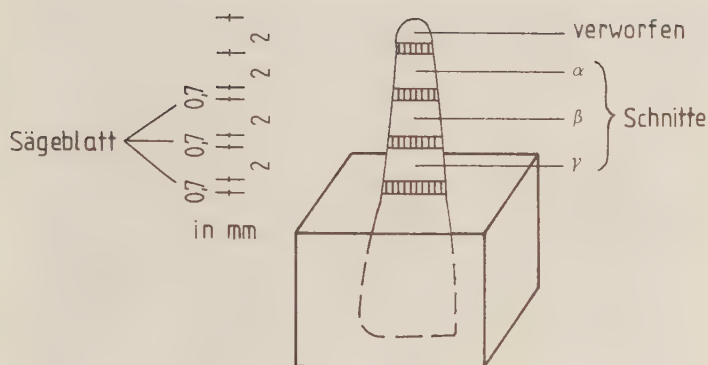
Nun wurde Diaket^R entsprechend den Angaben des Herstellers angemischt und mit dem Lentulo niedertourig unter leichten Pumpbewegungen auf die definitive Länge eingebracht. Abhängig von der Methode wurden 1 - 3 Beschickungen der Lentulospirale einrotiert (1 - 2 bei genormten Stiften, 2 - 3 bei nicht genormten Stiften). In den so abgefüllten Kanal wurde dann je nach Methode der entsprechende Stift, dessen Oberfläche durch Drehen in angemischtem Diaket^R auf der Glasplatte benetzt war, langsam eingeführt, so daß die Wurzelfüllmasse Zeit hatte, nach koronal zu entweichen und ein apikales Herauspressen des Diakets vermieden wurde. Bei der Lateralkondensationsmethode wurden weitere nichtgenormte Guttaperchastifte nachgeschoben.

Nach dem Abfüllen kamen die Zähne sofort wieder zurück in physiologische Kochsalzlösung, wo das Füllmaterial bis zur weiteren Bearbeitung 2 - 4 Wochen aushärten konnte. Als nächster Schritt erfolgte das Vorbereiten der abgefüllten Zähne für die Säge. Hierzu wurden die Kronen in Paladur^R-glasklar eingebettet, um sie in der Haltevorrichtung der Säge fixieren zu können. Mit der Säge der Fa. Steeg & Reuter wurden dann mit einem diamantierten Sägeblatt von 0,7 mm Stärke und unter ständigem Kühlen mit Wasser Wurzelquerschnitte angefertigt. Dabei ging man folgendermaßen vor: Der erste Schnitt lag 2 mm vom anatomischen Apex entfernt. Die dabei abgesägte Wurzelspitze wurde verworfen. Dann wurde die Säge so eingestellt, daß als nächster Schnitt eine 2 mm dicke Scheibe entstand. Diese wurde mit α bezeichnet. Sie dient später in der Auswertung als Aussage über die Dichte und Wandständigkeit im apikalen Wurzeldrittel. Dann wurden weitere Querschnitte von jeweils 2 mm Dicke hergestellt. In der Regel waren es noch zwei Präparate (β , γ), so daß insgesamt 3 Querschnitte zur Untersuchung vorlagen (1x apikal = α , 1x Wurzelmitte = β , 1x koronal = γ) (Abb. 3b). Bei sehr langen Wurzeln konnten 4 - 5 Querschnitte erzielt werden, so daß dann der 4. bzw. 5. als koronales Präparat verwendet wurde. Das Sägen war - im übrigen - der problematischste Schritt bei der Präparateherstellung.

Abb. 3: Präparateherstellung



- a) In Kunststoff (Paladur^R-glasklar) eingebetteter Zahn



b) Schnitte und Substanzverlust durch die Sägescheibe sind schematisch dargestellt

α = 2 mm vom Apex entfernt

β = 4,7 mm vom Apex entfernt

γ = 7,4 mm vom Apex entfernt

Um später die einzelnen Strukturen im Rasterelektronenmikroskop (REM) deutlicher erkennen zu können, wurden die Schnitte 3 Minuten lang mit 15%iger H_3PO_4 angeätzt, vorsichtig mit Spray abgespült und dann 3 - 4 Stunden an der Luft getrocknet. Hierbei können Artefakte in Form von Schwundrissen entstehen.

Präparate, die Artefakte in Form von Verschmierungen, Ausbröckelungen oder großen Rissen bereits mit bloßem Auge erkennen ließen, wurden von der weiteren Untersuchung ausgeschlossen.

Abb. 4: Wurzelquerschnitte der Methode C (Lateralkondensationsmethode); die Präparate sind alle 2 mm dick



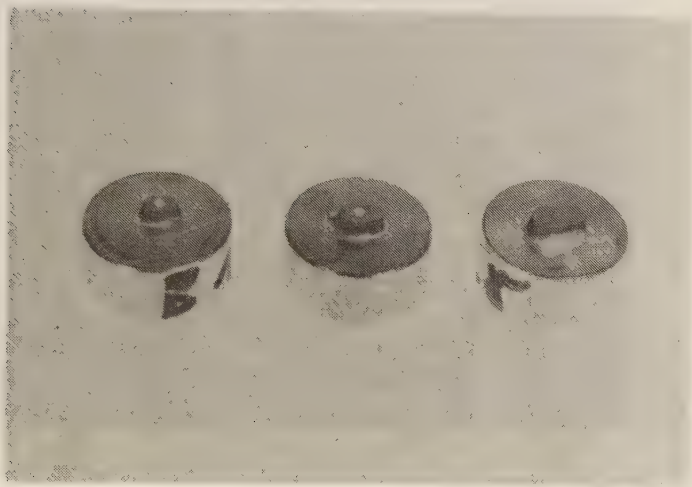
von links nach rechts:

- apikaler Bereich
- mittlerer Wurzelbereich
- koronaler Bereich

Nach dem Trocknen wurden die Präparate mit einem Spezialklebstoff (High Purity Silver Paint for Scanning Electron Microscopy) auf Aluminium-Objektträger mit der breiteren Schnittfläche aufgeklebt, so daß jeweils von apikaler Richtung auf die Schnitte geschaut wurde (Abb. 4).

Den Klebstoff ließen wir für ca. 12 Stunden aushärten, bevor die Schnitte unter Vakuum mit Gold bedampft wurden, um sie leitfähig zu machen. Nun waren die Präparate bereit für die Untersuchung mit dem REM.

Abb. 5: Präparate der Methode B (= mit genormten Silberstiften) auf Objektträger geklebt und mit Gold bedampft



von links nach rechts:

- apikales Wurzel Drittel ($= \alpha$)
- mittleres Wurzel Drittel ($= \beta$)
- koronales Wurzel Drittel ($= \gamma$)

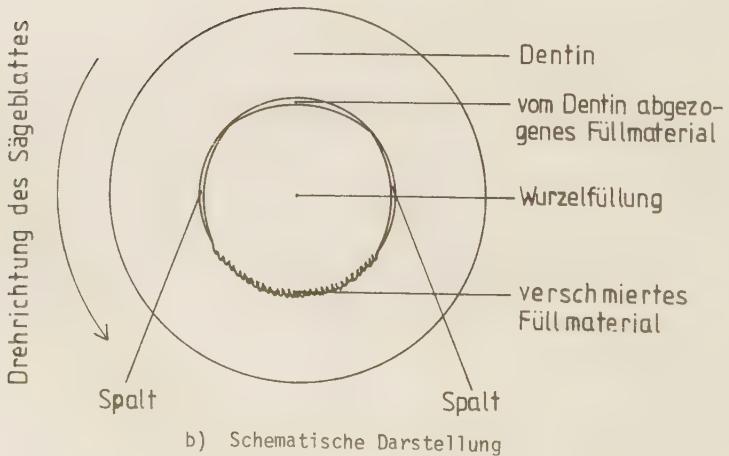
3.3. Auswerteverfahren

Zur Beurteilung im Rasterelektronenmikroskop gelangten, sofern vorhanden, die bei 50 bzw. 100-facher Vergrößerung breitesten Spalten. Es wurden nur die Stellen untersucht, die tangential zum Sägeblatt lagen, was an den Schnittlinien leicht festzustellen war. Abziehungen des Füllmaterials von der Dentinwand an der Seite, wo das Sägeblatt eintritt sowie Verschmierungen an der Seite des Austritts des Sägeblattes kamen nicht zur Auswertung.

Abb. 6: Zahnquerschnitt mit Wurzelfüllung



- a) Aufsicht auf eine Wurzelfüllung nach der Lateralkondensationsmethode (C) im koronalen Bereich: Außer Guttaperchastiften und Diaket^R sind Artefakte - in Form von Verschmierungen - und Spalten zu erkennen. Der Vorschub des Sägeblattes erfolgte von links nach rechts. Die Schnittlinien verlaufen von links oben nach rechts unten.



Je nach interessant erscheinendem Ausschnitt wurde dann auf eine Vergrößerung zwischen 400-fach und 2 000-fach übergegangen. Dabei wurde immer eine möglichst senkrechte Aufsicht auf das eingestellte Objekt angestrebt. In der Regel wurde wegen des Bildausschnittes eine 700- oder 1 000-fache Vergrößerung gewählt. Bei diesen Vergrößerungen wurde dann eine Fotografie für die spätere metrische Auswertung angefertigt und anhand eines Protokolls die Interpretation des Bildes festgehalten, damit sich bei der späteren Auswertung keine Fehler einschleichen konnten. Präparate mit Rissen quer durch das Dentin sowie durch den Vorschub der Säge nach apikal abgepreßtem und somit über die Schnittfläche erhabenem Wurzelfüllmaterial wurden in der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt.

Die Spalten wurden auf den Fotos in mm gemessen, anhand des Vergrößerungsmaßstabes in μm umgerechnet und dann in Tabellen der einzelnen Methoden (A, B, C, D, E) nach α , β und γ aufgelistet.

4. Ergebnisse

Mit dem Rasterelektronenmikroskop steht uns heute eine wesentlich verbesserte Methode zum Untersuchen und Auswerten der Wanddichte von Wurzelfüllmaterialien zur Verfügung. Dies soll aber nicht heißen, daß REM-Untersuchungen ein vollständiges Zustandsbild von Wurzelkanal-gefüllten Zähnen ergeben können. Vielmehr stellen sie nur Aufnahmen eines bestimmten Ausschnittes dar. Daß andere Stellen desselben Präparates unterschiedliche Bilder und somit unterschiedliche Werte ergeben können, liegt in der Natur ultrastruktureller Untersuchungen. Die Zufälligkeit der Ergebnisse wurde jedoch weitgehend durch sorgfältiges Anfertigen von Serienschnitten, durch systematisches Vorgehen und durch Verwerfen der Präparate mit Artefakten ausgeschaltet. So wurde bei jedem Präparat der breiteste Spalt aufgesucht, fotografiert und ausgemessen.

Dennoch ist uns klar, daß die gefundenen Werte nicht als Absolutwerte gelten können. Sie dürften sich aber auf Grund des gleichen systematischen Vorgehens bei allen durchgeführten Methoden zum Vergleich der einzelnen Methoden eignen.

4.1. Übersicht der Spaltbreiten in den Bereichen α , β und γ der verschiedenen Methoden.

4.1.1. Methode A Diaket^R mit zusätzlich eingebrachtem genormten Guttaperchastift, der der letzten Räumergröße entsprach.

Hier wurden insgesamt 23 Zähne, dies entspricht 69 Querschnitten, untersucht. Sie setzen sich zusammen aus:

12 Präparaten von Frontzähnen
9 Präparaten von Eckzähnen
18 Präparaten von Prämolaren und
30 Präparaten von Molaren

Die Methode A brachte in den einzelnen Abschnitten

α = apikal, β = Wurzelmitte, γ = koronal

folgende Ergebnisse:

Tabelle A: Spaltbreiten an Wurzelquerschnitten (Werte in μm)

(Striche in den einzelnen Spalten stehen für Präparate, die auf Grund von Artefakten verworfen wurden.)

Lfd. Nr.	Incisivi				Canini				Prämolaren				Molaren											
	6	11	22	23	3	4	5	7	8	9	12	16	17	1	2	10	13	14	15	18	19	20	21	$\emptyset$
α	7,5	-	-	-	0	0	1,5	0	3,5	-	-	0	5,5	9	0	14,5	11	4	11	-	0	-	0	4,2
β	15	0	0	5,5	3	3	20	-	-	4	6	2	0	14	-	0	15	14,5	5,5	0	10,5	-	2	6,3
γ	0	0	7,5	0	0	0	4,5	7	5,5	4	-	11	0	4	12	7	0	3	2	5,5	0	-	0	3,5

4.1.2. Methode B Diaket^R mit zusätzlich eingebrachtem genormten Silberstift, der der letzten Räumergöße entsprach.

Bei der Methode B wurden 12 Zähne - dies entspricht 36 Querschnitten - untersucht. Die Präparate setzten sich wie folgt zusammen:

- 6 Präparate von Frontzähnen
- 9 Präparate von Eckzähnen
- 12 Präparate von Prämolaren und
- 9 Präparate von Molaren

Die Methode B brachte in den einzelnen Abschnitten

α = apikal, β = Wurzelmitte, γ = koronal

folgende Ergebnisse:

Tabelle B: Spaltbreiten an Wurzelquerschnitten (Werte in μm)

(Striche in den einzelnen Spalten stehen für Präparate, die auf Grund von Artefakten verworfen wurden.)

	Incisivi		Canini			Prämolaren			Molaren				
Lfd. Nr.	3	8	2	6	7	4	9	10	12	1	5	11	$\emptyset$
α	5	-	0	0	0	9	3,5	2	0	10	-	0	2,9
β	0	14	0	7	4,5	0	4	5	0	0	-	1,5	3,3
γ	0	11	0	10	11	16	1,5	14	0	0	0	1,5	5,4

4.1.3. Methode C Diaket^R mit zusätzlich eingebrachtem genormten Guttaperchastift (= Masterpoint), der der letzten Räumergöße entsprach und zusätzlichen nicht genormten Guttaperchastiften nach der Lateralkondensationsmethode.

Es wurden ebenfalls 12 Zähne (= 36 Querschnitte) untersucht. Die Präparate setzten sich folgendermaßen zusammen:

- 6 Präparate von Frontzähnen
- 9 Präparate von Eckzähnen
- 12 Präparate von Prämolaren und
- 9 Präparate von Molaren

Die Methode C brachte in den einzelnen Abschnitten

α = apikal, β = Wurzelmitte, γ = koronal

folgende Ergebnisse:

Tabelle C: Spaltbreiten an Wurzelquerschnitten (Werte in μm)
(Striche in den einzelnen Spalten stehen für Präparate, die auf Grund von Artefakten verworfen wurden.)

	Incisivi		Canini			Prämolaren				Molaren			
Lfd. Nr.	6	8	9	11	12	1	2	3	7	4	5	10	$\emptyset$
α	-	0	-	0	1	0	0	5	1,5	10	3	0	2,0
β	-	16	1	7	3	10	10	-	10	14	-	3	8,2
γ	-	0	0	1,5	8	0	-	1	-	1,5	1	3	1,8

4.1.4. Methode D Diaket^R mit zusätzlichem, nicht genormtem aber vorher in der Länge angepaßtem Guttaperchastift der Sortierung dick, mittel oder dünn, je nach Durchmesser des Lumens.

Bei der Methode D gelangten insgesamt 23 Zähne (= 69 Präparate) zur Auswertung. Aufgeschlüsselt nach Zahngruppen handelte es sich um:

12 Präparate von Frontzähnen
9 Präparate von Eckzähnen
18 Präparate von Prämolaren
30 Präparate von Molaren

Die Methode D brachte in den einzelnen Abschnitten
 α = apikal, β = Wurzelmitte, γ = koronal
folgende Ergebnisse:

Tabelle D: Spaltbreiten an Wurzelquerschnitten (Werte in μm)

(Striche in den einzelnen Spalten stehen für Präparate, die auf Grund von Artefakten verworfen wurden.)

Lfd. Nr.	Incisivi				Canini			Prämolaren						Molaren										
	5	14	22	23	1	2	15	3	6	7	16	17	21	4	8	9	10	11	12	13	18	19	20	
α	12	15,5	-	-	7,5	13	3	-	0	8	5,5	1	1,5	20	5	6	4	0	9	12,5	3	0	2,5	6,4
β	4	0	4	0	0	-	5,5	-	5,5	-	1,5	0	0	-	-	3	21	-	-	-	22	-	0	4,7
γ	1,5	1,5	4	-	0	4	4	0	0	0	5,5	0	1,5	0	0	3,5	0	12	-	4,5	5,5	12,5	9,5	3,4

4.1.5. Methode E Diaket^R ohne zusätzlichen Stift

Es gelangten sieben Zähne (= 21 Präparate) zur Auswertung:

- 3 Präparate von Eckzähnen
- 6 Präparate von Prämolaren
- 12 Präparate von Molaren

Die Methode E brachte in den einzelnen Abschnitten

α = apikal, β = Wurzelmitte, γ = koronal

folgende Ergebnisse:

Tabelle E: Spaltbreiten an Wurzelquerschnitten (Werte in μm)

(Striche in den einzelnen Spalten stehen für Präparate, die auf Grund von Artefakten verworfen wurden.)

	Canini	Prämolaren		Molaren				
Lfd. Nr.	7	1	6	2	3	4	5	$\emptyset$
α	-	0	12	-	1	10	7	6,0
β	0	0	4	-	0	14	1	3,2
γ	9	0	0	-	5,5	10,5	-	5,0

Tabelle F: Durchschnittswerte der Spaltbreiten der unterschiedlichen Methoden (A, B, C, D, E) in den verschiedenen Querschnittsbereichen (α , β , γ) im direkten Vergleich (Werte in μm)

	A	B	C	D	E
α	4,2	2,9	2,0	6,4	6,0
β	6,3	3,3	8,2	4,7	3,2
γ	3,5	5,4	1,8	3,4	5,0

4.2. Übersicht der spaltfreien Präparate in den Bereichen α , β und γ der verschiedenen Methoden.

4.2.1. Kein Spalt (= 0 μm) lag bei der Methode A in 21 von 56 auswertbaren Fällen = 37,50% vor.

Davon 7 im apikalen Bereich (α) = 12,50%
5 im mittleren Bereich (β) = 8,92%
9 im koronalen Bereich (γ) = 16,07%

bezogen auf alle α der Methode A = 43,75%
bezogen auf alle β der Methode A = 26,31%
bezogen auf alle γ der Methode A = 42,85%

4.2.2. Ohne Spalt (= 0 μm) waren bei der Methode B 15 von 33 auswertbaren Präparaten. Dies entspricht 45,45%.

Davon 5 im apikalen Bereich (α) = 15,15%
5 im mittleren Bereich (β) = 15,15%
5 im koronalen Bereich (γ) = 15,15%

bezogen auf alle α der Methode B = 50,00%

bezogen auf alle β der Methode B = 45,45%

bezogen auf alle γ der Methode B = 41,66%

4.2.3. Bei der Methode C lag in 8 von 28 auswertbaren Präparaten = 28,57% kein Spalt (= 0 μm) vor.

Davon 5 apikal (α) = 17,85%
0 medial (β) = 0,00%
3 koronal (γ) = 10,71%

bezogen auf alle α der Methode C = 50,00%

bezogen auf alle β der Methode C = 0,00%

bezogen auf alle γ der Methode C = 33,33%

4.2.4. Die Methode D zeigt in 17 von 55 auswertbaren Präparaten
= 30,90% keinen Spalt (= 0 μm).

Davon	3 apikal	(α)	=	5,45%
	6 medial	(β)	=	10,90%
	8 koronal	(γ)	=	14,54%

bezogen auf alle α der Methode D = 15,00%

bezogen auf alle β der Methode D = 42,85%

bezogen auf alle γ der Methode D = 38,09%

4.2.5. Ohne Spalt (= 0 μm) waren bei der Methode E 6 von 16 aus-
wertbaren Präparaten = 37,50%.

Davon	1 apikal	(α)	=	6,25%
	3 medial	(β)	=	18,75%
	2 koronal	(γ)	=	12,50%

bezogen auf alle α der Methode E = 20,00%

bezogen auf alle β der Methode E = 50,00%

bezogen auf alle γ der Methode E = 40,00%

Tabelle G: Spaltfreie Präparate in %, im Vergleich aller Methoden
(A, B, C, D, E)

	A	B	C	D	E
α	43,75	50,00	50,00	15,00	20,00
β	26,31	45,45	0,00	42,85	50,00
γ	42,85	41,66	33,33	38,09	40,00

α zeigt bei B und C die besten Werte, gefolgt von A, E und D.

β zeigt bei E und B die besten Werte, gefolgt von D, A und C.

γ zeigt bei A und B die besten Werte, gefolgt von E, D und C.

4.3. Vergleich der durchschnittlichen Spaltbreiten von Front- und Seitenzähnen (alle Werte in μm)

4.3.1. Innerhalb der einzelnen Methoden:

4.3.1.1. Methode A

	Frontzähne	Seitenzähne
α	2,25	4,87
β	6,64	6,12
γ	1,71	4,35

4.3.1.2. Methode B

	Frontzähne	Seitenzähne
α	1,25	4,08
β	5,10	1,75
γ	6,40	4,71

4.3.1.3. Methode C

	Frontzähne	Seitenzähne
α	0,33	2,78
β	6,75	9,40
γ	2,37	1,30

4.3.1.4. Methode D

	Frontzähne	Seitenzähne
α	10,20	5,20
β	2,25	6,62
γ	2,50	3,76

4.3.1.5. Methode E

	Frontzähne	Seitenzähne
α	-	6,00
β	0	3,80
γ	9	4,00

4.3.2. Durchschnittswerte quer durch alle Methoden, d.h. alle Frontzähne verglichen mit allen Seitenzähnen, ohne Methode E (alle Werte in μm)

	Frontzähne	Seitenzähne
α	4,12	4,51
β	5,11	5,93
γ	3,12	3,83

5. Diskussion

5.1. Diskussion der Fehlermöglichkeiten

Jede Methode zum Überprüfen der Wandständigkeit und Dichte von Wurzelfüllmaterialien hat Vor- und Nachteile; dies gilt auch für das von uns durchgeführte Verfahren, bei dem das Rasterelektronenmikroskop zu Hilfe genommen wurde.

Die Interpretation der Bilder setzt deshalb voraus, daß die verschiedenen Fehlermöglichkeiten bekannt sind und daraus resultierende Konsequenzen kritisch betrachtet werden.

Die Fehlermöglichkeiten beginnen mit dem Herstellen der Querschnitte. Trotz diamantierter Sägescheibe, ständiger Wasserkühlung und langsamen Vorschub kam es teilweise zum Verschmieren oder Ausbröckeln des Wurzelfüllmaterials, was zu Fehlinterpretation führen kann. Es wurde versucht, diesen Fehler auszuschalten, indem Präparate mit durch das Sägen bedingten Artefakten verworfen wurden.

Die nächste Fehlermöglichkeit ist durch das Ätzen der Querschnitte - mit 15%iger H_3PO_4 für drei Minuten - bedingt. Hier kann es zu Veränderungen an der Oberfläche kommen. Auch das nachfolgende Absprühen der angeätzten Schnitte mit Wasser-Luft-Spray kann durch Herauslösen von Füllmaterial zu Spalten führen, die in Wirklichkeit gar nicht vorhanden waren.

Der anschließende Trocknungsprozeß geht nicht selten mit Schrumpfen und dadurch bedingter Rißbildung im Dentin einher, die sich auf die Wandständigkeit auswirken können. Andererseits ist dieses Ätzen, Absprühen und Trocknen für das Präparieren zur REM-Untersuchung erforderlich, um die einzelnen Strukturen besser unterscheiden und Spalträume leichter beurteilen zu können.

In Voruntersuchungen von SOLIS PONTON 1980 (104), bei denen sie verschiedene Ätz- und Trocknungsverfahren untersuchte, stellte sich heraus, daß mit o.g. Methode die besten Ergebnisse erzielt wurden: "Nach weiteren Versuchen kann gesagt werden, daß die besten Ergebnisse unter folgenden Bedingungen erzielt wurden: nach 3 min Anätzen mit H_3PO_4 (15%) und anschließend 1 Tag lang Trocknen an der Luft. Zahnstrukturen und Randständigkeit waren deutlich zu erkennen, Schrumpfung und Veränderung von Diaket und Guttapercha waren nicht zu beobachten, kleine Risse jedoch nicht ganz auszuschließen." Aus den genannten Gründen haben wir diese Methodik übernommen.

Eine weitere Fehlermöglichkeit könnte durch das Vakuum bei der Goldbedampfung der Präparate sowie das Vakuum in der REM-Säule auftreten. Hier stellten wir keine Veränderung der Präparate fest. Sollte es dennoch zu Veränderungen gekommen sein, so trifft dies für alle Präparate, also auch alle Methoden zu, die somit vergleichbar bleiben.

Generell kann gesagt werden, daß die Verformung der - verglichen mit Dentin - weichen Wurzelfüllmaterialien durch die diamantierte Trennscheibe am deutlichsten zu Artefakten führte. Diese liegen aber charakteristisch zur Vorschubrichtung der Trennscheibe. Die Vorschubrichtung ist an den Schleifspuren der Sägescheibe stets zu erkennen.

Zur Beurteilung gelangten die Stellen, bei denen keine Verformung der Wurzelfüllmaterialien vorlag. Es wurden immer die breitesten Spalten ausgemessen und unter Berücksichtigung des Vergrößerungsmaßstabes in μm angegeben.

5.2. Diskussion der Ergebnisse

Im Rahmen der Diskussion spielen folgende Einzelergebnisse eine Rolle:

- a) die Wandständigkeit bei den einzelnen Methoden (5.2.1.)
- b) der Vergleich der fünf untersuchten Methoden (5.2.2.)

- c) Frontzähne verglichen mit Seitenzähnen (5.2.3.)
- d) die Aussagekraft von Röntgenkontrollaufnahmen (5.2.4.)

5.2.1. Die Wandständigkeit bei den einzelnen Methoden

Als Maß für die Wandständigkeit der einzelnen Methoden wurden die jeweils breitesten Spalten in den Abschnitten α , β und γ herangezogen. Darüber hinaus wurde berechnet, wieviel Prozent der Präparate in den einzelnen Methoden und Abschnitten keinen Spalt aufwiesen. Präparate mit Artefakten, die ein Auswerten zweifelhaft erscheinen ließen, wurden ausgesondert (s. Tabellen S. 57 - 59).

5.2.1.1. Werden die durchschnittlichen Spaltbreiten herangezogen, so zeigt sich, daß sie bei der Methode A im apikalen und koronalen Bereich fast gleich groß, im mittleren Drittel dagegen wesentlich breiter sind. Dies dürfte an Buchten und Lakunen liegen, die gerade im mittleren Wurzelbereich besonders ausgeprägt sind.

5.2.1.2. Bei der Methode B zeigt sich, daß die durchschnittlichen Spaltbreiten apikal am geringsten sind ($\alpha = 2,9 \mu\text{m}$) und mit zunehmender Entfernung vom Apex ansteigen ($\beta = 3,3 \mu\text{m}$, $\gamma = 5,4 \mu\text{m}$).

5.2.1.3. Bei Methode C liegen sowohl apikal als auch koronal nur geringe durchschnittliche Spaltbreiten vor ($\alpha = 2,0 \mu\text{m}$, $\gamma = 1,8 \mu\text{m}$), im mittleren Wurzeltrittel dagegen größere ($\beta = 8,2 \mu\text{m}$). Dies läßt sich wie folgt erklären:

- apikal guter Verschluß durch den Masterpoint (= genormter Zentralstift) und das von den zusätzlichen Stiften nachgepreßte Diaket^R
- im mittleren Wurzelbereich größere Spalten, weil die nachgeschobenen Guttaperchastifte nicht immer das vom Sprider geschaffene Lumen vollständig ausfüllen

- die Werte für den koronalen Bereich sind niedrig, weil hier die unter Druck eingeführten konischen Guttaperchastifte das Diaket^R gegen die Dentinwand drücken. Die einzelnen Stifte verschmelzen zwar nicht miteinander, aber sie liegen so dicht beisammen, daß dazwischen keine Spalten zu finden waren.

Die apikalen und koronalen Werte der Methode C waren im übrigen von allen Methoden die kleinsten, die im mittleren Wurzelbereich dagegen die größten.

Ähnliche Ergebnisse bei der Lateralkondensationsmethode (= Methode C) wurden auch von SOLIS PONTON (104), KREHAN, OEHLER und GÄGLER (54) gefunden.

5.2.1.4. Bei der Methode D nehmen die durchschnittlichen Spaltbreiten von apikal (6,4 μm) über das mediale (4,7 μm) zum koronalen Drittel (3,4 μm) ab.

Wir erklären uns diese Werte folgendermaßen:

Die nichtgenormten Guttaperchastifte haben, bedingt durch ihre stark konische Form, eine sehr dünn auslaufende Spitze. Diese ist kaum in der Lage, das apikal gelegene Füllmaterial zu verdichten und gegen die Dentinwand zu pressen. Nach koronal wird der Stift voluminöser und die Verdichtung somit besser, bis im koronalen Drittel die niedrigsten Spaltbreiten erzielt werden.

5.2.1.5. Zu den Werten der Methode E möchten wir keine Aussage machen, da die Fallzahl zu gering ist.

5.2.2. Vergleich der unterschiedlichen Methoden

Die Durchschnittswerte der einzelnen Methoden wurden in Tabellen gegenübergestellt und miteinander verglichen. Ebenso wurden die

Anteile der spaltfreien Präparate aufgelistet. Aus den Tabellen (F S. 43 und G S. 46) geht hervor, daß je nach Priorität der Bewertung verschiedene Aussagen gemacht werden können.

5.2.2.1. Nimmt man den Durchschnitt aller gemessenen Spalten einer Methode, ohne nach α , β und γ zu trennen - d.h. $\alpha + \beta + \gamma$ gemittelt -, so zeigen sich bei der Methode B die niedrigsten Werte. Mit zunehmenden Spaltbreiten folgen die Ergebnisse der Methoden C, A und D.

5.2.2.2. Auch wenn man die spaltfreien Präparate (in %) bezogen auf die Gesamtzahl der bei dieser Methode verwendeten Schnitte mit anderen Methoden vergleicht (und zwar entweder alle Schnitte einer Methode mit allen einer anderen oder noch unterteilt in α , β und γ), schneidet die Methode B am besten ab (s. Tab. G, S. 40). Wenn also die Methode die beste ist, bei der am häufigsten kein Spalt auftritt, so ist Methode B den anderen überlegen, gefolgt von A, D und C. Andererseits wurde die Methode B verlassen, weil Silberstifte nur sehr schwer wieder entfernt werden können und apikal korrodieren (103).

5.2.3. Frontzähne verglichen mit Seitenzähnen

Der Vergleich, welche Zahngruppen (Incisivi, Canini, Prämolaren, Molaren) bei den einzelnen Methoden am besten abschneiden, ist auf Grund der geringen Fallzahl nicht sinnvoll. Es wäre denkbar - unabhängig von den einzelnen Methoden - alle Incisivi, Canini, Prämolaren und Molaren miteinander zu vergleichen. Auch dies erscheint wenig sinnvoll, da auf Grund der verschiedenen Anzahl der einzelnen Zahngruppen bei den unterschiedlichen Methoden ein Vergleich, der wissenschaftlichen Anforderungen standhält, nicht möglich ist.

Allenfalls ist ein Vergleich der durchschnittlichen Spaltbreiten aller Frontzähne (= Front- und Eckzähne) mit allen Seitenzähnen (= Prämolaren und Molaren) entweder innerhalb einer Methode oder alle Methoden untereinander möglich (S. 48). Es zeigt sich, daß die Frontzähne dabei etwas besser abschneiden als die Seitenzähne. Sowohl bei den Front- als auch bei den Seitenzähnen liegen die niedrigsten Werte in folgender Reihenfolge vor: γ vor α vor β .

5.2.4. Die Aussagekraft von Röntgenkontrollaufnahmen

Die in zwei senkrecht zueinander stehenden Ebenen aufgenommenen Röntgenbilder der wurzelgefüllten Zähne können keine endgültige Auskunft über die Waddichte der Wurzelfüllung geben, da es sich hier um Summationsaufnahmen handelt. Ein Vergleich der Röntgenbilder der einzelnen Methoden bringt somit nicht die gewünschten Informationen. Ebenso wenig sinnvoll ist es, eine Korrelation zwischen Röntgenaufnahme und rasterelektronenmikroskopischer Betrachtung herstellen zu wollen, da Spalten unter $30\text{ }\mu\text{m}$ im Röntgenbild nicht verifizierbar sind. Eine Wurzelfüllung, die bereits röntgenologisch nicht exakt ist, ist klinisch bedenklich und sollte erneuert werden. Andererseits gibt eine röntgenologisch einwandfreie Wurzelfüllung noch lange nicht die Gewähr für einen waddichten Verschluß des Wurzelkanals.

6. Schlußfolgerung

Je nachdem was höher eingeschätzt wird - möglichst kleine Durchschnittswerte von Spaltbreiten oder möglichst viele Präparate ohne Spalten - sind folgende Methoden zu bevorzugen:

Die Methode C bringt die kleinsten Spaltbreiten apikal - mit $2,0\text{ }\mu\text{m}$ - und koronal - mit $1,8\text{ }\mu\text{m}$. Werden alle Bereiche (α , β und γ) zusammengekommen und gemittelt, zeigt die Methode B bessere Werte, gefolgt von C, A und D.

Was die höchsten prozentualen Anteile spaltfreier Präparate anbelangt, liegt ebenfalls die Methode B mit 45,45% klar vor A mit 37,50% (E mit 37,50%), D mit 30,90% und C 28,57%.

Da die Methode B aus Gründen der Korrosion des Silbers und des kaum wieder entfernbaren Silberstiftes heute weitgehend an Bedeutung verloren hat, empfehlen wir die Methoden A und C.

Röntgenbilder wurzelgefüllter Zähne geben über die Wändichte der Wurzelfüllung keine definitive Aussage, auch wenn die Füllung korrekt erscheint. Daher sind röntgenologisch lege artis abgefüllte Wurzelkanäle noch kein Garant für den Erfolg einer Wurzelkanalbehandlung.

7. Zusammenfassung

Es wurden an 77 - aus unterschiedlichen Gründen - extrahierten, menschlichen Zähnen des bleibenden Gebisses Untersuchungen über die Spaltbreite und die Anzahl der spaltfreien Präparate bei verschiedenen Füllmethoden durchgeführt sowie Frontzähne mit Seitenzähnen verglichen:

Methode A: Diaket^R mit genormtem Guttaperchastift

Methode B: Diaket^R mit genormtem Silberstift

Methode C: Diaket^R und Guttaperchastifte nach der Lateralkondensationsmethode

Methode D: Diaket^R und nichtgenormter Guttaperchastift

Methode E: Diaket^R ohne nachgeschobenen Stift.

Mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskopes wurden - bei möglichst senkrechtem Aufblick auf die Wurzelquerschnitte - die breitesten Spalten aufgesucht, 700- bzw. 1 000-fach vergrößert, und das so eingestellte Bild fotografiert. Die Spalten wurden dann ausgemessen, die Werte in μm umgerechnet und in Tabellen aufgelistet, um die einzelnen Methoden besser miteinander vergleichen zu können.

Beim Vergleich der Frontzähne mit den Seitenzähnen schnitten erstere leicht besser ab.

Sowohl bei der Auswertung nach geringsten Spaltbreiten (B vor C, A und D) als auch nach dem prozentual höchsten Anteil von Präparaten ohne Spalt (B vor A, D und C) zeigte sich die Methode B den anderen überlegen. Aus klinischen Erwägungen (Korrosion des Silberstiftes und dessen schwere Entfernbarkeit) werden die Methoden A bzw. C empfohlen.

8. Anhang

8.1. Tabellen

8.1.1. Übersicht über die nicht auswertbaren Präparate der einzelnen Methoden.

8.1.1.1. Bei der Methode A waren 13 von 69 Präparaten nicht auswertbar. Dies entspricht 18,84%.

Davon 7 im apikalen Bereich (α) = 10,14%
 4 im mittleren Bereich (β) = 5,79%
 2 im koronalen Bereich (γ) = 2,89%

bezogen auf alle α der Methode A = 30,43%

bezogen auf alle β der Methode A = 17,39%

bezogen auf alle γ der Methode A = 8,69%

8.1.1.2. Bei der Methode B waren 3 Präparate von 36 nicht auswertbar = 8,33%.

Davon 2 apikal (α) = 5,55%
 1 medial (β) = 2,77%
 0 koronal (γ) = 0,00%

bezogen auf alle α der Methode B = 16,66%

bezogen auf alle β der Methode B = 8,33%

bezogen auf alle γ der Methode B = 0,00%

8.1.1.3. Bei der Methode C waren 8 von 36 Präparaten nicht auswertbar = 22,22%.

Davon 2 apikal (α) = 5,55%
3 medial (β) = 8,33%
3 koronal (γ) = 8,33%

bezogen auf alle α der Methode C = 16,66%

bezogen auf alle β der Methode C = 25,00%

bezogen auf alle γ der Methode C = 25,00%

8.1.1.4. Bei der Methode D waren 14 von 69 Präparaten unbrauchbar = 20,28%.

Davon 3 apikal (α) = 4,34%
9 medial (β) = 13,04%
2 koronal (γ) = 2,89%

bezogen auf alle α der Methode D = 13,04%

bezogen auf alle β der Methode D = 39,13%

bezogen auf alle γ der Methode D = 8,69%

8.1.1.5. Bei der Methode E waren 5 von 21 Präparaten unbrauchbar
= 23,80%

Davon 2 apikal (α) = 9,52%
1 medial (β) = 4,76%
2 koronal (γ) = 9,52%

bezogen auf alle α der Methode E = 28,57%

bezogen auf alle β der Methode E = 14,28%

bezogen auf alle γ der Methode E = 28,57%

8.1.1.6. Nichtverwertbare Präparate zum Vergleich aller Methoden
(Zahlen in Prozent)

Gesamt:	A	B	C	D	E
	18,84	8,33	22,22	20,28	23,80

Die Methode B zeigt mit 8,33% am wenigsten nichtverwertbare Präparate, gefolgt von A, D und C (E).

Tabelle H: Nicht verwertbare Präparate, bezogen auf alle α , β
und γ in den einzelnen Methoden (Zahlen in Prozent)

	A	B	C	D	E
α	30,43	16,66	16,66	13,04	28,57
β	17,39	8,33	25,00	39,13	14,28
γ	8,69	0,00	25,00	8,69	28,57

B γ steht mit 0% nichtverwertbarer Präparate an erster Stelle, gefolgt von B β ; dicht dahinter A γ und D γ . Am schlechtesten schneiden hier D β (39,13%) und A α (30,43%) ab.

8.2. Bilder

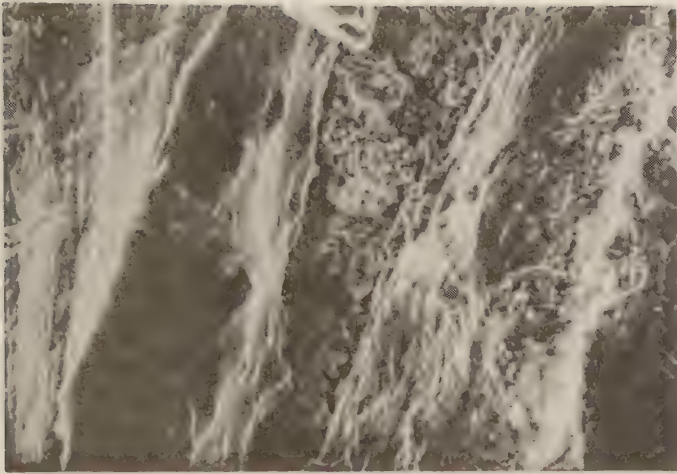
8.2.1. Abbildungen der Methode A



REM-Bild Nr.1: Vergrößerung 700: 1; Bereich α eines 11;
von links oben: Dentin, Spalt (dunkel), Diaket, Guttapercha



REM-Bild Nr.2: Vergrößerung 700: 1; Bereich γ eines 23;
von links oben: Dentin (mit Dentinkanälchen), Guttapercha;
ein Spalt ist nicht zu erkennen.

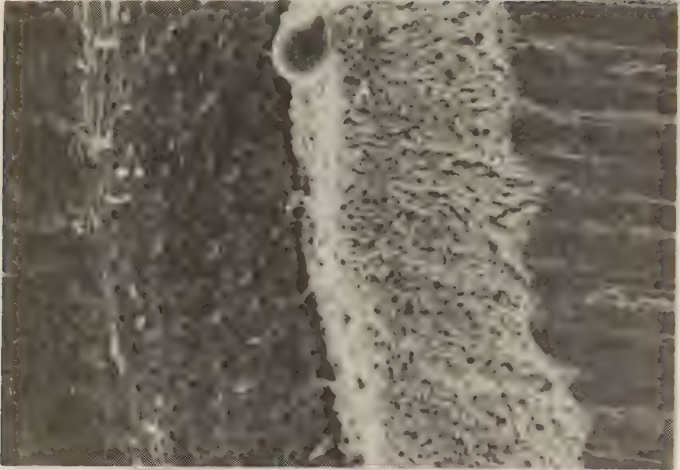


REM-Bild Nr.3: Vergrößerung 1000: 1; Bereich α eines 13;
von links: Dentin, Diaket, Guttapercha; kein Spalt erkennbar



REM-Bild Nr.4: Vergrößerung 700: 1; Bereich γ eines 33;
von links: Dentin, Spalt, Diaket, Guttapercha

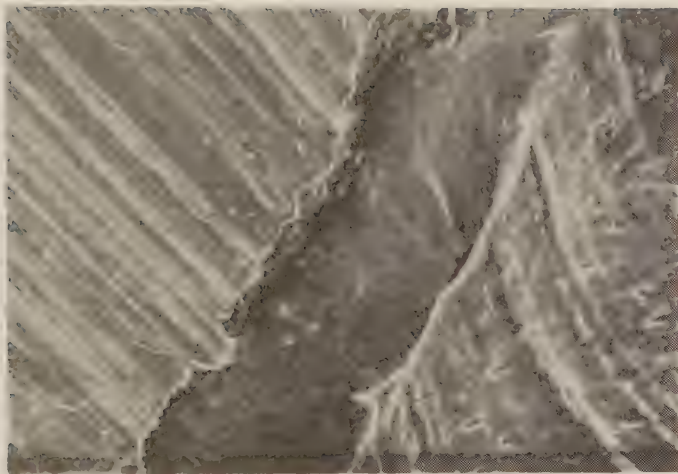
8.2.2. Abbildungen der Methode B



REM-Bild Nr.5: Vergrößerung 700: 1; Bereich α eines 26;
von links: Dentin (mit Dentinkanälchen), Diaket, Silberstift;
es ist kein Spalt zu erkennen



REM-Bild Nr.6: Vergrößerung 700: 1; Bereich β des gleichen Zahnes
wie Nr.5;
von links: Dentin, Diaket, Silberstift; kein Spalt erkennbar



REM-Bild Nr.7: Vergrößerung 700: 1; Bereich α eines 47;
von links: Silberstift, Diaket, Dentin; kein Spalt erkennbar



REM-Bild Nr.8: Vergrößerung 700: 1; Bereich γ eines 34;
von links oben: Silberstift, Spalt (breit und dunkel), Dentin

8.2.3. Abbildungen von Methode C



REM-Bild Nr.9: Vergrößerung 400: 1; Bereich β eines 35;
von links: Guttaperchastifte, Diaket, Spalt, Dentin



REM-Bild Nr. 10: Vergrößerung 1000: 1; Bereich γ des gleichen Zahns
wie Nr.9;
von links: Guttapercha, Dentin; kein Spalt zu erkennen



REM-Bild Nr.11: Vergrößerung 700: 1; Bereich α eines 24;
von oben: Guttapercha, strichförmiger Spalt, Dentin



REM-Bild Nr.12: Vergrößerung 700: 1; Bereich γ eines 36;
von oben: Guttapercha, dünner Spalt, Dentin

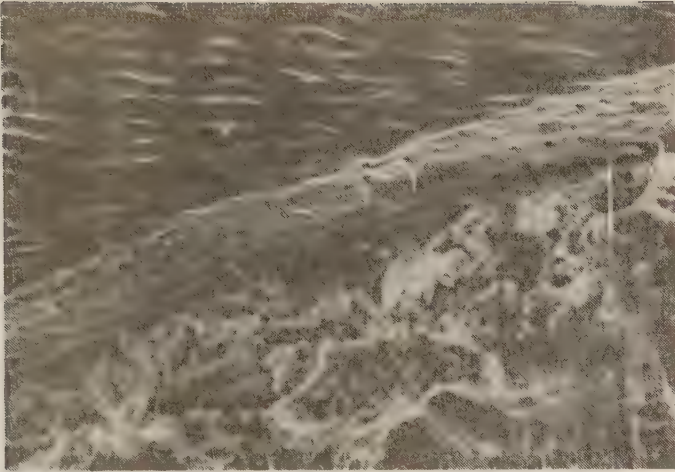
8.2.4. Abbildungen von Methode D



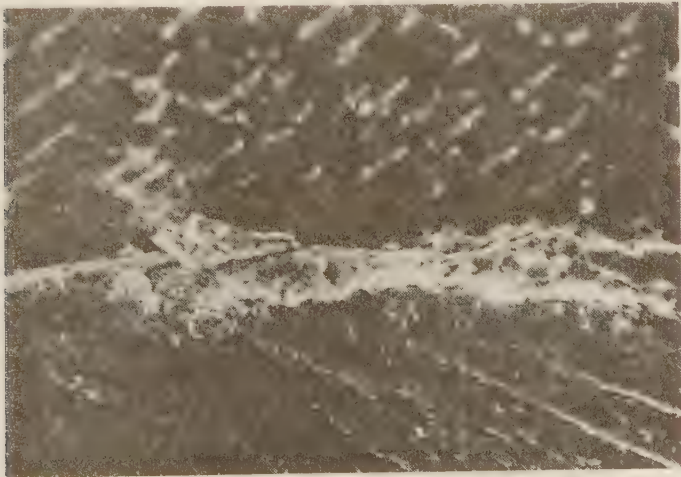
REM-Bild Nr.13: Vergrößerung 1000: 1; Bereich α eines 15;
von oben: Dentin, Spalt, Diaket



REM-Bild Nr.14: Vergrößerung 700: 1; Bereich β eines 42;
von links unten: Guttapercha, Diaket, Spalt, Dentin

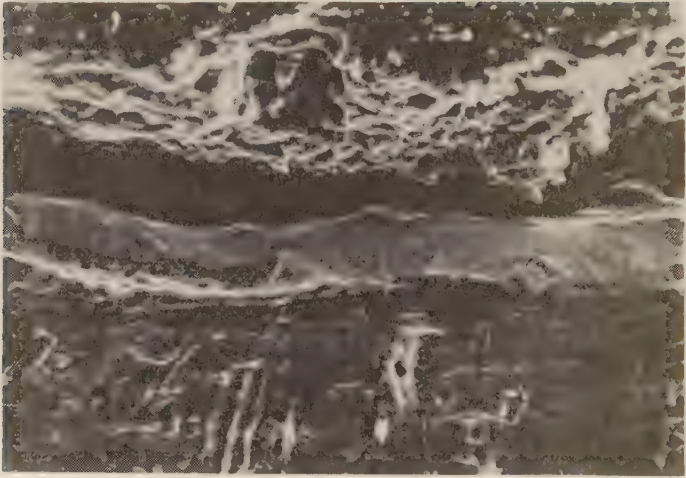


REM-Bild Nr.15: Vergrößerung 700: 1; Bereich β eines 37;
von oben: Dentin, strichförmiger Spalt, Diaket, Guttapercha

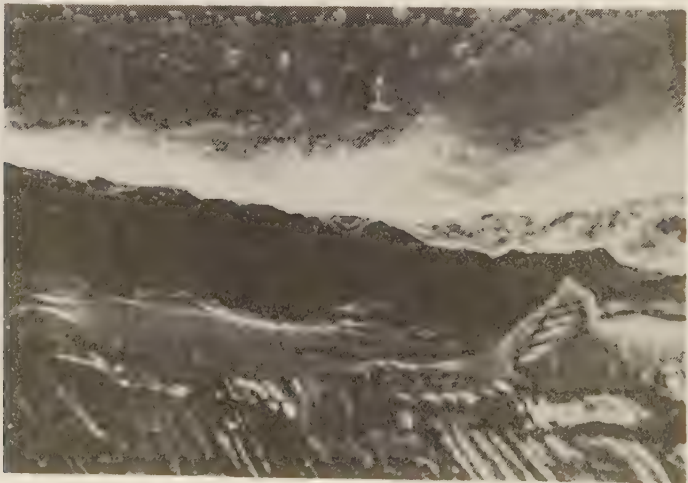


REM-Bild Nr.16: Vergrößerung 700: 1; Bereich γ eines 14;
von oben: Dentin (Dentinkanälchen schräg angeschnitten), Diaket,
Guttapercha

8.2.5. Abbildungen der Methode E



REM-Bild Nr.17: Vergrößerung 700: 1; Bereich β eines 27;
von oben: Diaket, Spalt, Dentin



REM-Bild Nr.18: Vergrößerung 700: 1; Bereich γ eines 46;
von oben: Diaket, Spalt, Dentin

9. Literaturverzeichnis

1. ALBERS, H.-K.: Histologische Untersuchungen zur Frage der Diffusionseigenschaften des Wurzelfüllmaterials N_2 am menschlichen Zahn und am Knochengewebe im Tierexperiment.
Zahnärztl. Welt/Reform 86, 170 (1977)
2. APT, H., DYRNA, G., NITZSCHE, W. und VÖLKER, J.: Ergebnisse und Konsequenzen klinisch-röntgenologischer Nachuntersuchungen wurzelbehandelter Zähne.
1. Mitteilung. Stomatol. DDR 26, 683-688 (1976)
3. APT, H., DYRNA, G., NITZSCHE, W. und VÖLKER, J.: Ergebnisse und Konsequenzen klinisch-röntgenologischer Nachuntersuchungen wurzelbehandelter Zähne.
2. Mitteilung. Stomatol. DDR 26, 743-747 (1976)
4. AUCHTER, B. G.: Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zur Wandständigkeit und Dichte röntgenologisch kontrollierter, erstarrender Wurzelfüllmaterialien an extrahierten, menschlichen Zähnen.
Med. Diss. München 1982
5. BÜCKMANN, G., ROTTKE, R. und STROTHMANN, W.: Untersuchungen über die Porosität von erhärtenden Wurzelfüllmaterialien.
Dtsch. Zahnärzteblatt 10, 527 (1956)
6. BÜCKMANN, G., ROTTKE, R. und STROTHMANN, W.: Abschließende Untersuchungen über die Wandständigkeit von erhärtenden Wurzelkanalfüllmaterialien.
Dtsch. Zahnärzteblatt 11, 75 (1957)

7. BUCHHOLZ, H. W.: Endoklinik Hamburg. Persönliche Mitteilung 1977
8. CRAIG, R. G. and PEYTON, F. A.: Physical properties of stainless steel endodontic files and reamers.
Oral Surg. 16, 206 (1963)
9. CUNNINGHAM, W. T., MARTIN, H., BETHESDA, M. and WASHINGTON, D. C.: A scanning electron microscope evaluation of root canal débridement with the endosonic ultrasonic synergistic system.
Oral Surg. 53, 527-531 (1982)
10. CURSON, I.: Endodontic Techniques.
Br. Dent. J. 1, 424-428 (1966)
11. CURSON, I. and KIRK, E. L. J.: An assessment of root canal sealing cements.
Oral Surg. 26, 229-236 (1968)
12. DIETZ, G.: Tierexperimentelle und klinische Untersuchungen der medikamentösen Wurzelfüllpaste Gangräna-Merz^R.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 36, 382-385 (1981)
13. DUCSEVA, Z.: Pulpitis und Gangränbehandlung mit der N₂-Methode in der Sozialpraxis.
Zahnärztl. Prax. 21 (1970)
14. EULER, H.: Kritische Bemerkungen zur Behandlung gangränöser Zähne.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 3, 158 (1948)

15. EULER, H.: Wurzelbehandlung und Kanalwand.
Öst. Z. Stomat. 50, 291 (1953)
16. FELDMAN, G. and NYBORG, H.: Tissue reactions to root filling material. I. Comparison between guttapercha and silver amalgam implanted in jaws of rabbits.
Odont. Revy 13, 1-4 (1962)
17. FISCHER, C.-H. und SCHAPER, U.: Die Wurzelkanalbehandlung bei nicht infiziertem Wurzelkanal.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 12, 1729 (1957)
18. FISCHER, C.-H.: Kritik zur Aufbereitung und Abfüllung des Wurzelkanals.
Zahn Mund Kieferheilkd. 29, 32 (1958)
19. FISCHER, C.-H.: Möglichkeiten und Grenzen der Behandlung des Wurzelkanals bei Pulpanekrose und Parodontitis apicalis chronica.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 75, 1114 (1965)
20. FRIEDMAN, C. M., SANDRIK, J. L., HEUER, M. A. and RAPP, G. W.: Composition and mechanical properties of gutta-percha endodontic points.
J. Dent. Res. 54, 921-925 (1975)
21. FROMME, H. G., GUTTZEIT, R. und RIEDEL, H.: Experimentelle Untersuchungen zur Frage der mechanischen und chemischen Wurzelkanalaufbereitung sowie zur Wandständigkeit von Wurzelfüllmaterialien.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 25, 865-876 (1970)

22. FROMME, H. G. and RIEDEL, H.: Treatment of Dental Root Canals and the Marginal Contact between Filling Material and Tooth, studied by Scanning Electronic Microscopy.
J. Br. Endod. Soc. 5, 17-20 (1972)
23. GHAREVI, N.: Wurzelkanalbehandlung mit Nebacetin.
Quintessenz, Heft 3, Ref. Nr. 6052 (1980)
24. GOODMAN, A., SCHILDER, H. and ALDRICH, W.: The thermomechanical properties of gutta-percha. II. the history and molecular chemistry of gutta-percha.
Oral Surg. 37, 954-961 (1974)
25. GROSSMAN, L. I.: Present status of plastic root canal filling materials.
Transact. 3rd Internat. Conference on Endodontics, 125-137 (1963)
26. GROSSMAN, L. I.: Endodontic Practice, 6. edit..
Lea & Febiger, Philadelphia (1970)
27. GROSSMAN, L. I.: Endodontic Practice.
Lea & Febiger, Philadelphia (1970)
28. GROSSMAN, L. I.: Physical properties of root canal cements.
J. Endod. 2, 166-175 (1976)
29. GROSSMAN, L. I.: Endodontic Practice, 9. edit..
Lea & Febiger, Philadelphia (1978)

30. GULDENER, P. H. A.: Die Stifttechnik in der Endodontie.
1. Teil: Die Verwendung von Silberstiften.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 81, 52-69 (1971)
31. GULDENER, P. H. A.: Die Stifttechnik in der Endodontie.
2. Teil: Die Verwendung von Guttaperchastiften.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 81, 311-327 (1971)
32. GULDENER, P. H. A.: Endodontie, eine Literaturübersicht.
I. Teil: Die Aufbereitungs des Wurzelkanals.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 88, 417-444 (1978)
33. GULDENER, P. H. A.: Endodontie, eine Literaturübersicht.
II. Teil: Die Wurzelkanalfüllung.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 89, 224-236 (1979)
34. GULDENER, P. H. A.: Endodontie, eine Literaturübersicht.
Fortsetzung des II. Teils.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 89, 330-344 (1979)
35. GURNEY, B. F., BEST, E. J. and GERVASIO, G.: Physical measurements on guttapercha.
Oral Surg. 32, 260-270 (1971)
36. HAKKAK, R. R.: Klinische und röntgenologische Untersuchungen von gangränösen Zähnen, ohne und mit periapikalen Granulomen und Zysten, vor und nach der Wurzelbehandlung mit N₂
Zahnärztl. Welt/Reform 83, 57 (1974)
37. HARNDT, E.: Histologische und bakteriologische Grundlagen für die Behandlung gangränöser Wurzelkanäle.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 3, 81 (1948)

38. HARNDT, R. und KAUL, A.: Untersuchungen über den Verbleib des Bleies im Wurzelkanalfüllmaterial N₂.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 28, 580 (1973)
39. HARNDT, R.: Ist eine vollständige Wurzelkanalfüllung möglich und notwendig?
Dtsch. Zahnärztl. Z. 30, 325 (1975)
40. HAUNFELDER, D.: Instrumente und Methoden zur Aufbereitung des Wurzelkanals.
Dtsch. Zahnärztekalendar, C. Hanser, München (1958)
41. HEIDEMAN, D. und LAMPERT, F.: Die Prüfung von Wurzelfüllmaterialien in der Zellkultur.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 35, 349-353 (1980)
42. HELLWIG, E., KLIMEK, J. und AHRENS, G.: Dreijährige Erfolgskontrolle von Wurzelbehandlungen aus studentischen Behandlungskursen.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 37, 949-953 (1982)
43. HESS, W.: Erkrankungen des Parodontiums apikale - Klinik und Therapie.
Zahn Mund Kieferheilkd. Bd. II
Hrsg: K. Häupl, W. Meyer, K. Schuchardt;
Urban u. Schwarzenberg Verlag, München - Berlin (1955)
44. HIGGINBOTHAM, T. L.: A comparative study of the physical properties of five commonly used root canal sealers.
Oral Surg. 24, 89-101 (1967)

45. HOEFIG, W.: Wurzelfüllmaterialien.
ZWR 22, 999 (1979)
46. INGLE, J. I.: A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials.
Oral Surg. 14, 83-91 (1961)
47. JAHN, K.-R., LANDECK, E. und LANDECK, E.: Zur Frage der Zuverlässigkeit von klinischen Befunden bei pulpatoten Zähnen mit und ohne periapikale Veränderungen im Röntgenbild.
Stomatol. DDR 31, 519-523 (1981)
48. KAWAHARA, H., YAMAGAMI, A. und NAKAMURA, M.: Biological Testing of Dental Materials by Means of Tissueculture.
Int. Dent. J. 2, 343 (1968)
49. KERESZTESI, K.: Wurzelfüllmaterialien und Allgemeinerkrankungen.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 38, 188-195 (1983)
50. KLAIBER, B., MITTERMAYER, C., KADEN, P. und SCHWECHTEN, I.: Toxizitätsbestimmung von Wurzelfüllmaterialien und deren einzelnen Komponenten in der Zellkultur.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 36, 212-216 (1981)
51. KNAPPWOST, A., GRAEBER, J., GRAEBER, K., GURA, E. und MARNITZ, F.: Wirkungsmechanismus alkalischer Wurzelfüllzemente mit Kupferdotierung.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 36, 816-819 (1981)
52. KONOPELSKI, J. und KRÖNCKE, A.: Die Wurzelkanalwand nach Bearbeitung mit verschiedenen Instrumenten.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 34, 157-159 (1979)

53. KOTHE, J. und JOHANSEN, H.: Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen des Wurzelkanalwanddentins.
Zahn Mund Kieferheilkd. 61, 100-108 (1973)
54. KREHAN, F., OEHLER, V. und GÄNGLER, P.: Die Wurzelkanalfüllung - Indikation, Techniken und Erfolgsergebnisse.
Stomatol. DDR 32, 452-459 (1982)
55. KRÖNCKE, A.: Problematik der erhärtenden Wurzelfüllmaterialien.
Zahnärztl. Rdsch. 62, 401 (1953)
56. KRÖNCKE, A.: Problematik der erhärtenden Wurzelfüllmaterialien (Experimentelle Studien).
Zahnärztl. Rdsch. 62, 417 (1953)
57. KRÖNCKE, A.: Möglichkeiten und Grenzen der Behandlung des Wurzelkanals bei Pulpanekrose und Parodontitis apikalis chronica.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 75, 1125 (1965)
58. KRÖNCKE, A.: Der Wurzelkanal nach der mechanischen Aufbereitung.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 30, 321-322 (1975)
59. KRÖNCKE, A.: Langenmessung des Wurzelkanals.
Stellungnahme der DGZMK.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 35, Heft 4 (1980)
60. KRÖNCKE, A.: Die Aufbereitung des Wurzelkanals als Voraussetzung für die Applikation des Füllungsmaterials.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 36, 201-207 (1981)

61. KOHLFLUCK, I. und KLAMMT, J.: Untersuchungen zur Eignung von Peressigsäure zur Wurzelkanal-desinfektion.
Stomatol. DDR 30, 558-563 (1980)
62. KUTTLER, Y.: Microscopic investigation of root apices.
J. Am. Dent. Assoc. 50, 544-552 (1955)
63. KUTTLER, Y.: A precision and biological root canal filling technique.
J. Am. Dent. Assoc. 56, 38-50 (1958)
64. MAEGLIN, B.: Die Aufbereitung des infizierten Wurzelkanals.
Zahn Mund Kieferheilkd. in Vorträgen, H8
C. Hanser, München (1951)
65. MARLIN, J. and SCHILDER, H.: Physical properties of gutta-percha when subjected to heat and vertical condensation.
Oral Surg. 36, 872-879 (1973)
66. MAYNE, J.R.: American techniques in endodontic.
Aust. Dent. J. 4, 250 (1959)
67. McCOMB, D., SMITH, D. C.: A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedure.
J. Endod. 1, 238 (1975)
68. McCOMB, D., SMITH, D. C. and BEAGRIE, G. S.: The Results of in vivo Endodontic Chemomechanical Instrumentation - A Scanning Electron Microscopic Study.
J. Br. Endod. Soc. 9, 11-18 (1976)

69. MELKOVA, V., SMUINA, V. und ODEHNAL, F.: Das elektronenmikroskopische Bild der Wand des infizierten Wurzelkanals.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 20, 1283 (1965)
70. MESSING, J. J.: The Use of Titanium Cones and Apical Tips as Root Filling Materials.
Br. Dent. J. 148, 41 (1980)
71. MIZRAKI, S. J. and TUCHER, J. W.: A scanning electron microscopic study of the efficacy of various endodontic instruments.
J. Endod. 1, 324 (1975)
72. MOODNIK, M. R.: Efficacy of biochemical instrumentation: A scanning electron microscopic study.
J. Endod. 2, 261 (1976)
73. MURUZABAL, M. and ERAUSQUIN, J.: Response of periapical tissues in the rat molar to root canal fillings with Diaket and AH 26.
Oral Surg. 21, 786-804 (1966)
74. NEGM, M. M., GRANT, A. A. and COMBE, E. C.: A Newly Designed Root Canal Filling Material.
Br. Dent. J. 148, 9-11 (1980)
75. NEGM, M. M.: An instrument for measuring root canal length and apex location.
Oral Surg. 53, 405-409 (1982)
76. NEGM, M. M.: Filling root canals with silver-percha cones: A clinical study.
Oral Surg. 55, 81-85 (1983)

77. NICHOLLS, E.: The efficacy of cleansing the root canal.
Br. Dent. J. 112, 167 (1962)
78. NIEDERDELLMANN, H., KREKELER, G. und KAUPP, E.: Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zur Beurteilung der Wandständigkeit von Wurzelfüllungen im apikalen Bereich.
Zahnärztl. Welt/Reform 85, 773-777 (1976)
79. OVERDIEK, H. F. und SAUERWEIN, E.: Vergleichende Untersuchungen der Gewebsreaktion nach Implantation von N_2 und N_2 mit Cortison.
Zahnärztl. Rdsch. 77, 1 (1968)
80. PAHNCKE, D., SOBKOWIAK, E.-M. und RITTER, G.: Zur elektrischen Längenmessung des Wurzelkanals.
Stomatol. DDR 32, 361-364 (1982)
81. PAWLICKA, H., PIATKOWSKA, D. und HAJDUKIEWICZ, G.: Effektivität der Spülmittel bei Wurzelkanalaufbereitung. Untersuchungen im Rasterelektronenmikroskop.
Stomatol. DDR 31, 684-688 (1981)
82. PAWLICKA, H. und NOWACKA, K.: Die Verwendung von Chelatoren zur Wurzelkanalerweiterung. Bakteriologische Untersuchungen.
Stomatol. DDR 32, 257-261 (1982)
83. PAWLICKA, H.: Verwendung der Chelatverbindungen zur Erweiterung der Wurzelkanäle. Mikrohärteuntersuchungen.
Stomatol. DDR 32, 355-361 (1982)
84. PICHLER, H.: Die quantitative Seite des Problems der Wurzelbehandlung.
Öst. Z. Stomat. 28, 279 (1930)

85. PLATHNER, C. H.: Ist die Behandlung des gangränösen Wurzelkanals erfolgreich durchzuführen?
Dtsch. Zahnärztl. Z. 10, 1683 (1955)
86. PUZA, V. und NOVAK, L.: Zellkulturen als Mittel für Toxizitätsreste zahnärztlicher Materialien.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 81, 75 (1971)
87. RAPPAPORT, H. M., LILLY, G. E. and KAPSIMALIS, P.: Toxicity of endodontic filling materials.
Oral Surg. 18, 785-802 (1964)
88. REHBERG, J.: Überlegungen zur Normung der Wurzelkanal-Füllungs-materialien.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 36, 208-211 (1981)
89. RIEDEL, H.: Der pulpatote wurzelbehandelte Zahn als Stützpfeiler.
Zahnärztl. Mitt. 58, 551 (1968)
90. RÜCKE, H.: Methoden der exakten Längenbestimmung des Wurzelkanals.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 36, 195-196 (1981)
91. ROSSMEISL, R., READER, A., MELFI, R. and MARQUARD, J.: A study of freeze-dried (lyophilized) dentin used as an apical barrier in adult monkey teeth.
Oral Surg. 53, 303-310 (1982)
92. ROULET, J. F. and ARBUR, A.: Grenzen endodontischer Behandlung von Molaren.
ZWR, 90, 48-53 (1981)

93. SARGENTI, A.: Rationelle Wurzelbehandlung.
Quintessenz, Berlin (1968)
94. SCHANDERT, F.: Untersuchungen über die Aufbereitung von
Wurzelkanälen mit Kerrerweiterern.
Med. Diss. Erlangen (1973)
95. SCHEUFELE, J.: Untersuchungen und Erfahrungen mit dem neu-
artigen Wurzelfüllmaterial Diaket.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 7, 913-919 (1952)
96. SCHILDER, H.: Filling root canal in three dimensions.
Dent. Clin. North Am., 723-744 (1967)
97. SCHILDER, H. et al.: The thermomechanical properties of
Guttapercha. I. Compressibility of Guttapercha.
Oral Surg. 37, 946 (1974)
98. SCHOLZ, R.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen an
extrahierten Zähnen, fünf Jahre nach klinisch erfolgrei-
cher Wurzelkanalbehandlung.
Med. Diss. Berlin (1975)
99. SCHROEDER, A.: Mitteilungen über die Abschlußdichtigkeit
von Wurzelfüllmaterialien und erster Hinweis auf ein neu-
artiges Wurzelfüllmittel.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 64, 921-930 (1954)
100. SCHROEDER, A.: Endodontie ein Leitfaden für Studium und
Praxis.
Quintessenz, Berlin (1977)

101. SCHROEDER, A.: Endodontie in der täglichen Praxis.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 89, 829-832 (1979)
102. SCHROEDER, A.: Zur Frage der Obliteration des Endodonts.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 89, 887-891 (1979)
103. SELTZER, S., GREEN, D. B., WEINER, N. and DeRENZIES, F.:
A scanning electron microscope examination of silver cones
removed from endodontically treated teeth.
Oral Surg. 33, 589-605 (1972)
104. SOLIS PONTON, M. R.: Über die Wandständigkeit von Füllungs-
materialien im aufbereiteten Wurzelkanal (Rasterelektronen-
mikroskopische Untersuchung).
Med. Diss. Erlangen (1980)
105. SPANGBERG, L.: Biological Effects of Root Canal Filling
Materials.
Odont. Revy 2, 133 (1969)
106. SPANGBERG, L. and LANGELAND, K.: Biological effects of dental
materials. I. Toxicity of root canal filling materials on HeLa
cells in vitro.
Oral Surg. 35, 402-414 (1973)
107. SPRETER V. KREUDENSTEIN, T. und KAYSER, H. W.: Experimentel-
le und klinische Untersuchungen mit P^{32} über die Flüssigkeits-
passage in gefüllten Wurzelkanälen.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 9, 1377 (1954)
108. STEWART, G. G.: A comparative study of three root canal
sealing agents.
Oral Surg. 11, 1029-1047 (1958)

109. STEWART, G. G.: A comparative study of three root canal sealing agents.
Oral Surg. 11, 1174-1178 (1958)
110. SVEJDA, J. und BRAZDA, O.: Wurzelkanalfüllung nach Wurzelspitzenresektion im Rasterelektronenmikroskop.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 33, 293 (1978)
111. TSCHAMER, H.: Experimentelle Untersuchungen über die Möglichkeiten, Grenzen und Probleme der mechanischen Wurzelkanalaufbereitung mit den gebräuchlichen Aufbereitungsinstrumenten unter besonderer Berücksichtigung der apikalen Verhältnisse.
Zahnärztl. Welt 62, 411, 444, 474 (1961)
112. VAN VOORDE, H. E. and BJORNDAL, A. M.: Estimating endodontic "working length" with paralleling radiographs.
Oral Surg. 27, 106-110 (1969)
113. WAECHTER, R.: Untersuchungen über das Wurzelfüllmittel Diaket.
Zahnärztl. Welt 12, 281-284 (1953)
114. WANNENMACHER, E.: Die Wurzelkanalfüllung.
Zahn Mund Kieferheilkd. in Vorträgen, H 8
C. Hanser, München (1951)
115. WANNENMACHER, E.: Versuche über Desinfektion und dichte Ausfüllung der Wurzelkanäle.
Öst. Z. Stomat. 51, 393 (1954)
116. WEINE, F. S., HEALEY, H. J. and LIPPERT, J. L.: Use of silver points with improved digital control.
J. Am. Dent. Assoc. 83, 125-128 (1971)

117. WILMER, H.: Untersuchung über die Wirkung instrumenteller und instrumentell-chemischer Aufbereitungsarten auf das Wurzelkanalwanddentin gangränöser Zähne.
Dtsch. Zahnärztebl. 13, 141 (1969)
118. WITZEL, A.: Moderne Behandlung pulpakranker Zähne.
Berlinische Verlagsanstalt (1879)
119. YEE, F. S., MARLIN, J., KRAKOW, A. A. and GRON, P.: Three-dimensional obturation of the root canal using injectionmolded, thermoplasticized dental gutta-percha.
J. Endod. 3, 168-174 (1977)
120. RIEDE, U. N., RUEDI, Th. und LIMACKER, F.: Quantitative und morphologische Erfassung der Gewebereaktion auf Metallimplantate (Osteosynthesematerial) II. Untersuchungen am Menschen.
Arch. orthop. Unfall-Chir. 79, 205 (1974)

An dieser Stelle danke ich Herrn Prof. Dr. A. Kröncke (Direktor der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie) für die Überlassung des Themas und die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes.

Herrn Priv.-Doz. Dr. K. Ott danke ich für die hervorragende fachliche Unterstützung, die er mir jederzeit gerne gewährte.

Ebenso möchte ich mich bei Herrn Dr. rer. nat. Pröschel (Poliklinik für zahnärztliche Prothetik) sowie bei Herrn Dr. A. Petschelt (Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie) für die technischen Hinweise und die wertvolle Unterstützung am Rasterelektronenmikroskop bedanken.

Für die fototechnischen Arbeiten schulde ich Herrn R. Herold Dank.

Lebenslauf

Am 24. Sept. 1952 wurde ich als erstes Kind des Landwirtehepaares Hermann und Hedwig Hümmer, geb. Grübert, in Edelbrunn, Gemeinde Hermannsberg (jetzt Breitbrunn) geboren.

Von Sept. 1958 bis Juli 1966 besuchte ich die Volksschule in Breitbrunn.

Anschließend arbeitete ich drei Jahre lang im elterlichen landwirtschaftlichen Betrieb. Während dieser drei Jahre besuchte ich die landwirtschaftliche Kreisberufsschule in Ebern.

Von 1969 bis 1971 erlernte ich in einer auf zwei Jahre verkürzten Lehrzeit das Maurerhandwerk. Parallel zu dieser Zeit besuchte ich zuerst die gewerbliche Berufsschule in Königshofen für ein Jahr und dann die gleiche Einrichtung in Ebern.

Nach der Gesellenprüfung arbeitete ich zwei Jahre als Maurer bei der Baufirma Elmar Rennert, 8601 Neubrunn, bei der ich auch meine Lehre absolviert hatte.

Nebenbei besuchte ich während dieser zwei Jahre die Berufsaufbauschule in Haßfurt, deren Unterricht abends stattfand. Das dritte Jahr an der Berufsaufbauschule bestand aus Vollzeitunterricht, so daß ich meinen Beruf aufgeben mußte.

Die Berufsaufbauschule habe ich mit der Fachschulreife abgeschlossen.

Nach der BAS besuchte ich das Bayernkolleg in Schweinfurt. Während dieser Zeit heiratete ich 1975 die Büroangestellte Rosemarie Schorr.

Nachdem ich es fünf Semester besucht hatte, habe ich am 24. 6. 1977 das Bayernkolleg mit der Allgemeinen Hochschulreife abgeschlossen.

Im Wintersemester 1977/78 nahm ich dann an der TH in Aachen das Studium der Humanmedizin auf. Nach dem 1. Semester wechselte ich das Studienfach und begann im Sommersemester 1978 in Erlangen das Studium der Zahnmedizin.

Am 12. 3. 1979 habe ich den naturwissenschaftlichen Abschnitt der zahnärztlichen Vorprüfung und am 30. 9. 1980 die zahnärztliche Vorprüfung bestanden.

Das Staatsexamen der Zahnmedizin habe ich am 29. 7. 1983 abgeschlossen.

Am 16. 8. 1983 erfolgte die Approbation als Zahnarzt.

Druck: Copy Center 2000
Obere Karlstraße 30
8520 Erlangen